

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТОПЛЕНОГО ВИТІКАННЯ РІДИНИ З НАПІРНОГО РОЗПОДІЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ, ПРОКЛАДЕНОГО В БЕЗНАПІРНОМУ ПОТОЦІ

Вадим Орел¹, Оксана Мацієвська², Ігор Попадюк³, Роман Лопушанський⁴

Національний університет «Львівська політехніка»

12, вул С. Бандери, м. Львів, Україна, 79013

¹канд. тех. наук, доцент, vadym.i.orel@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-3518-4597

²канд. тех. наук, доцент, oksana.o.matsiievska@lpnu.ua, orcid.org/0000-0001-5784-0236

³ihor.y.popadiuk@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-8811-7988

⁴roman.lopushanskyi.hb.2020@lpnu.ua, orcid.org/0009-0008-0689-4398

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.43.45-52

Анотація. Для розроблення експериментального стенду для дослідження затопленого витікання рідини з напірних розподільних трубопроводів, прокладених у безнапірному потоці, проведено огляд способів зменшення нерівномірності роздавання рідини з напірних розподільних трубопроводів. Серед них конструктивне змінювання геометричних параметрів розподільних трубопроводів або випускних пристроїв, надання осі розподільному трубопроводу похилу до горизонту або осі випускних пристроїв нахилу відносно осі розподільного трубопроводу, змінювання кута входу рідини у випускні пристрої. У виготовленому експериментальному стенді для забезпечення затопленого витікання рідини з випускних пристроїв розподільного трубопроводу в гідравлічному лотку має бути підпір. Наявність підпору рідини в гідравлічному лотку має забезпечувати затоплене витікання рідини з випускних пристроїв розподільного трубопроводу, а відсутність підпору – незатоплене витікання. Стінки гідравлічного лотка та розподільного трубопроводу для дослідження кінематичних характеристик зовнішнього та внутрішнього потоків рідини відповідно в гідравлічному лотку та розподільному трубопроводі та струменів рідини, які від'єднуються від розподільного трубопроводу, мають бути прозорими. Похил розподільного трубопроводу можна змінювати відносно днища гідравлічного лотка. Цим досягають різних кутів відгалуження струменів до вільної поверхні рідини в гідравлічному лотку. Через конструктивні особливості гідравлічного лотка розподільний трубопровід за структурою має бути послідовним, а не біфуркаційним. Уточнено методику проведення дослідження затопленого витікання рідини з напірного розподільного трубопроводу, прокладеного в безнапірному потоці. Попередні результати підтверджують можливість регулювання нерівномірності роздавання рідини з напірного розподільного трубопроводу.

Ключові слова: експериментальний стенд, напірний розподільний трубопровід, рух рідини зі змінною витратою, затоплене витікання, гідравлічний лоток.

ВСТУП

Напірні розподільні трубопроводи (РТ) досить поширені. Основні галузі застосування напірних РТ дискретним шляховим роздаванням рідини розглянуто в [1–7].

Зменшення нерівномірності роботи РТ досягають змінюванням властивостей рідин

уведенням у потік додатків, які понижують турбулентне тертя [8] чи параметрів РТ та випускних пристроїв. До способів другого типу належать зменшення площі поперечного перерізу РТ (рис. 1) [9, 10]; випускних пристроїв (рис. 2) [11]; РТ та випускних пристроїв (рис. 3) [12]. Також надають осі

РТ похилу до горизонту (рис. 4) або осі випускних пристроїв нахилу відносно осі РТ (рис. 5) [13] чи змінюють кут входу рідини у випускні пристрої (рис. 6) [14].

МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є розроблення та виготовлення експериментального стенду для дослідження затопленого витікання рідини з напірних розподільних трубопроводів, прокладених у безнапірному потоці.

КОНСТРУЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ

На базі навчальної лабораторії гідравліки кафедри гідротехніки та водної інженерії Національного університету "Львівська

політехніка" запроєктовано експериментальний стенд [15] (рис. 7). Робочою рідиною є вода. На відміну від [16], витікання рідини з напірного РТ є затопленим. На відміну від [17] (показано [18], що до третини довжини трубопровод роздає рідину), зовнішній потік рідини, який омиває РТ, є безнапірним.

Стінки гідравлічного лотка та РТ є прозорими (рис. 8) для дослідження кінематичних характеристик потоків та струменів, які від'єднуються від РТ. У зв'язку з конструктивними особливостями гідравлічного лотка необхідно використовувати РТ, який за структурою є послідовним, а не біфуркаційним [19].

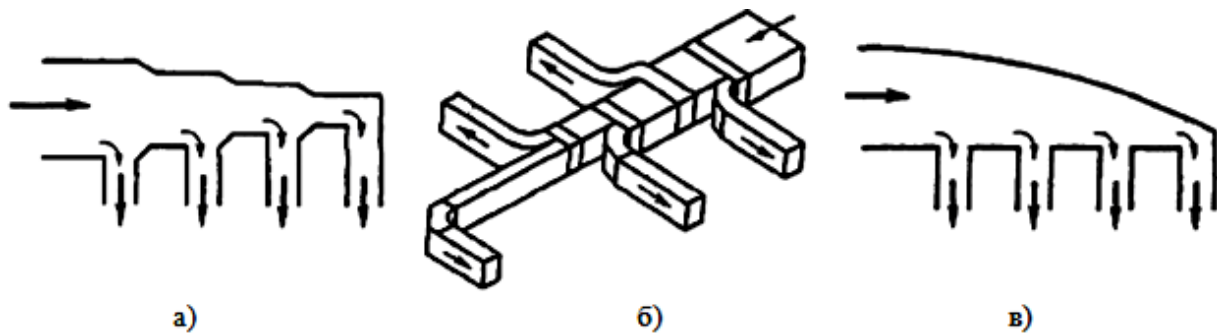


Рис. 1. Схема РТ змінного поперечного перерізу з випускними пристроями сталого поперечного перерізу: а) ступінчастий з різким відгалуженням; б) те саме, з плавним; в) з профільованою бічною стінкою

Fig. 1. Schematic diagram of distributive pipeline of variable cross-section with outlets of constant cross-section: а) stepwise change in the section with sharp branching; б) stepwise change in the section with smooth branching; в) with a shaped side wall

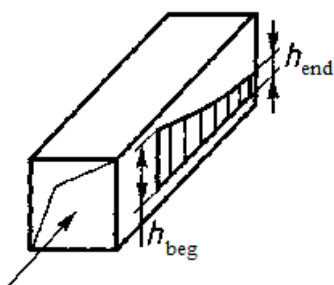


Рис. 2. Схема РТ сталого поперечного перерізу з випускними пристроями змінного поперечного перерізу: h_{beg} , h_{end} – висота випускного пристрою на початку та в кінці ділянки роздавання рідини відповідно

Fig. 2. Schematic diagram of distributive pipeline of constant cross-section with outlets of variable cross-section: h_{beg} , h_{end} – the height of outlet at the beginning and at the end fluid distribution section, respectively

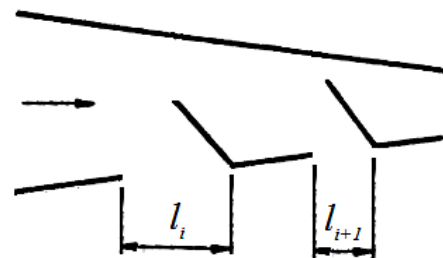


Рис. 3. Схема РТ змінного поперечного перерізу з випускними пристроями змінного поперечного перерізу: l – довжина випускного пристрою

Fig. 3. Schematic diagram of distributive pipeline of variable cross-section with outlets of variable cross-section: l – the length of outlet

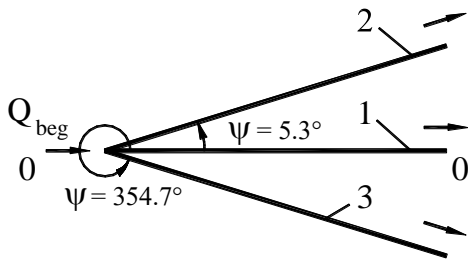


Рис. 4. Схема похилу осі РТ до горизонту: 1...3 – РТ з горизонтальним, зворотним і прямим похилом відповідно; Q_{beg} – витрата на початку РТ; ψ – кут нахилу осі РТ до горизонту

Fig. 4. Schematic diagram of the slope of the distribution pipeline inclination to the horizon: 1...3 – distribution pipeline with the horizontal, reverse and direct slope, respectively; Q_{beg} – the flow rate at the beginning of the distribution pipeline; ψ – the angle of inclination of the distribution pipeline axis to the horizon

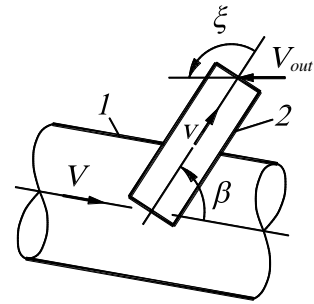


Рис. 5. Схема нахилу осі випускного пристрою до осі РТ: 1 – РТ; 2 – випускний пристрій; V – швидкість потоку в РТ; v – швидкість витікання струменя; V_{out} – швидкість зовнішнього потоку; β – кут відгалуження струменя; ξ – кут між віссю випускного пристрою та швидкістю зовнішнього потоку

Fig. 5. Schematic diagram of the slope of the outlet inclination to the distribution pipeline inclination: 1 – distribution pipeline; 2 – outlet; V – the velocity of the flow in the distribution pipeline; v – the velocity of the jet outflow; V_{out} – the velocity of the external flow; β – the angle of the detachable jet; ξ – the angle between the outlet inclination and the velocity V_{out}

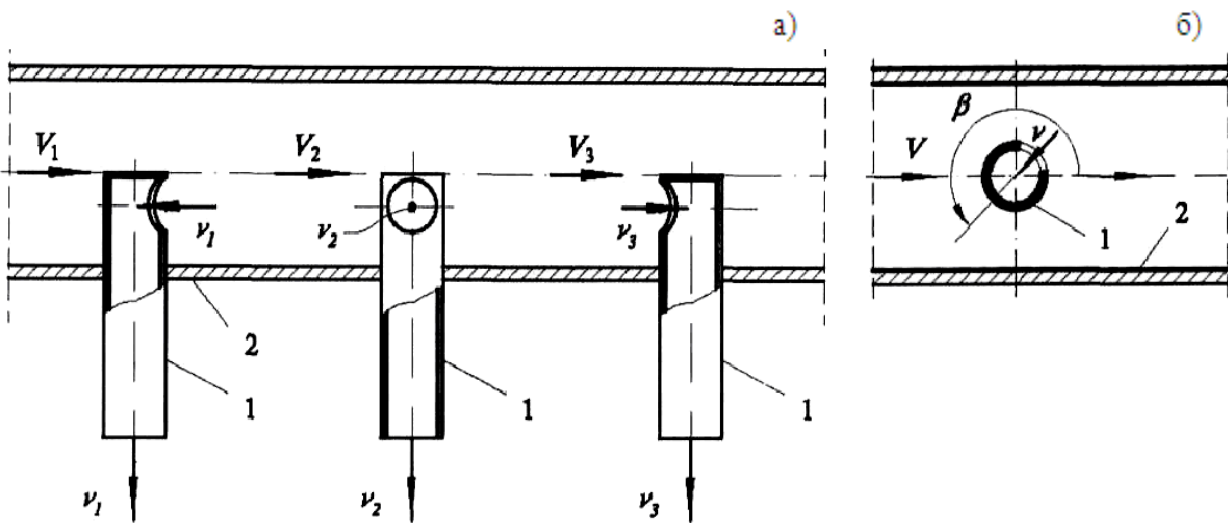


Рис. 6. Схема ділянки РТ з випускними пристроями, встановленими з кутами $\beta = 180^\circ; 270^\circ; 0^\circ$ відведення струменя (а) та схема відліку кута β між напрямками руху струменя, що від'єднується, та потоку в РТ (б): 1 – випускний пристрій; 2 – стінка РТ; V – швидкість потоку в РТ; v – швидкість струменя, що входить в отвір випускного пристрою

Fig. 6. Schematic diagram of distribution pipeline section with outlets installed with angles $\beta = 180^\circ; 270^\circ; 0^\circ$ of the jet detachment (a) and schematic diagram of angle β reference between the directions of movement of the detachable jet and the flow in distribution pipeline (б): 1 – outlet; 2 – wall of distributive pipeline; V – the velocity of the flow in the distribution pipeline; v – the velocity of jet entering the hole of outlet

За рахунок зміни похилу РТ відносно днища гідравлічного лотка вісь випускних пристроїв може бути під різними кутами до вільної поверхні рідини в гідравлічному лотку (рис. 5).

Стенд працює так. Вода подавальними трубопроводами 1 та 5 надходить відповідно в гідравлічний лоток 16 та в РТ 9. Витрату потоку води в гідравлічному лотку та РТ регулюють засувкою 2 та вентилям 6, встановленими на відповідних подавальних трубопроводах. Підпір води в гідравлічному лотку створюють щитком 11. Відсутність підпору не забезпечує затоплене витікання води з випускних пристроїв; при цьому

утворюється вільний незатоплений струмінь (рис. 9, а). Недостатній підпір призводить до утворення вільного затопленого струменя з перепадом висоти над вільною поверхнею води в гідравлічному лотку 16 [20] (рис. 9, б).

Дослідження планується виконувати в такій послідовності, використовуючи [21]:

1. Виставляють похил РТ відносно днища гідравлічного лотка.

2. При закритій засувці 2 на подавальному трубопроводі 1 голчастим рівнемірором 12 вимірюють рівень води Z_0 на порозі водозливу з тонкою стінкою 3.

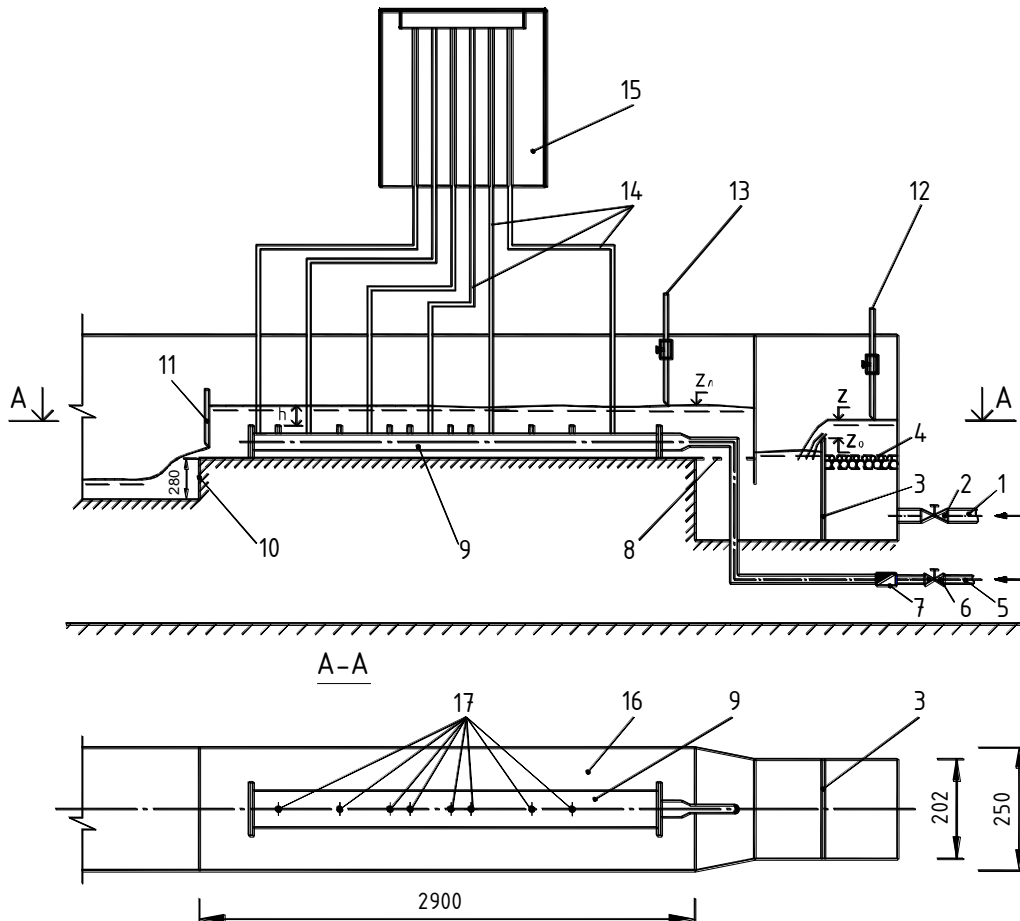


Рис. 7. Схема експериментального стенду: 1 – подавальний трубопровід в гідравлічний лоток; 2 – засувка; 3 – водозлив з тонкою стінкою; 4 – сітчастий ящик з галькою; 5 – подавальний трубопровід в розподільний трубопровід; 6 – вентиль; 7 – лічильник води; 8 – перегородка з отворами; 9 – РТ; 10 – перепад; 11 – щиток; 12, 13 – голчастий рівнемір; 14 – силіконова імпульсна трубка; 15 – щит п’єзометрів; 16 – гідравлічний лоток; 17 – випускний пристрій

Fig. 7. Schematic diagram of experimental test-bed: 1 – supply pipe to water channel; 2 – gate valve; 3 – thin-plate weir; 4 – gabion; 5 – supply pipe to distributive pipeline; 6 – valve; 7 – water meter; 8 – partition with holes; 9 – distributive pipeline; 10 – step of water channel; 11 – shutter gate; 12, 13 – needle level gauge; 14 – silicone pulse tube; 15 – board of piezometers; 16 – water channel; 17 – outlet



Рис. 8. Загальний вигляд РТ
Fig. 8. General view of the distributive pipeline

3. Відкриттям засувки 2 на подавальному трубопроводі 1 подають воду у гідравлічний лоток 16.

4. Щитком 11 створюють підпір у гідравлічному лотку 16.

5. Голчастим рівнемірором 12 вимірюють рівень води Z над порогом водозливу з тонкою стінкою 3.

6. Голчастим рівнемірором 13 вимірюють глибину води Z_n в гідравлічному лотку 16.

7. Термометром вимірюють температуру води в гідравлічному лотку 16.

8. Відкриттям вентиля 6 на подавальному трубопроводі 5 подають воду в РТ 9.

9. Лічильником води 7 вимірюють витрату води, яка надходить в РТ 9.

10. За допомогою щита п'єзометрів 15 вимірюють п'єзометричний напір в РТ 9.

11. Змінюючи похил РТ, повторюють досліди за пп. 1–10.

12. Змінюючи ступінь відкриття засувки 2 на подавальному трубопроводі 1, повторюють досліди за пп. 1–11 при змінній витраті води в гідравлічному лотку 16 та сталій витраті води в РТ 9.

13. Змінюючи ступінь відкриття вентиля 6 на подавальному трубопроводі 5, повторюють досліди за пп. 1–11 при сталій витраті води в гідравлічному лотку 16 та змінній витраті води в РТ 9.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Виготовлено експериментальний стенд для дослідження затопленого витікання

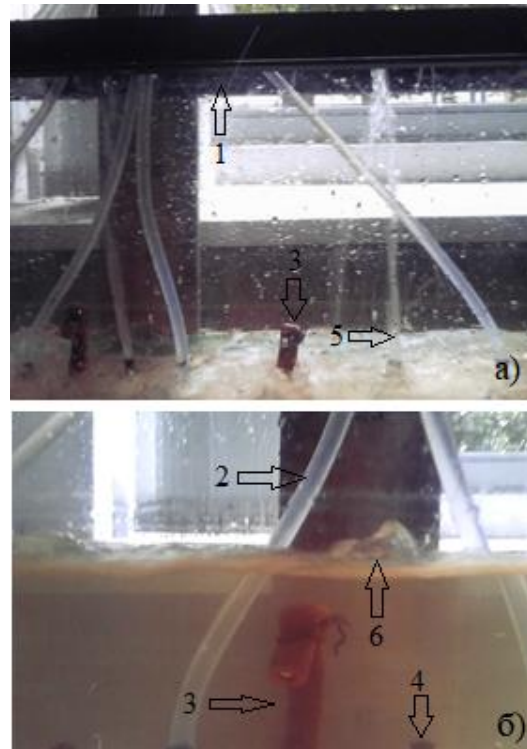


Рис. 9. Відсутність підпору (а) та недостатній підпір (б) при витіканні води з випускних пристроїв розподільного трубопроводу: 1 – стінка гідравлічного лотка; 2 – силіконова імпульсна трубка; 3 – гумова заглушка випускного пристрою; 4 – випускний пристрій; 5 – вільний незатоплений струмінь води; 6 – вільний затоплений струмінь води з перепадом висоти над вільною поверхнею

Fig. 9. Lack of backwater (a) and insufficient backwater (b) when water flows out from the outlets of the distributive pipeline: 1 – wall of water channel; 2 – silicone pulse tube; 3 – rubber dummy plug of outlet; 4 – outlet; 5 – free non-submerged water jet; 6 – free submerged water jet with a height drop above the free surface of the water

рідини з напірних РТ, прокладених у безнапірному потоці.

Регулювання нерівномірності роздавання рідини з напірних РТ може забезпечуватися регулюванням геометричних параметрів цих трубопроводів та водовипускних пристроїв, а також кінематичних характеристик зовнішнього та внутрішнього потоків рідини.

Попередні результати підтверджують можливість регулювання нерівномірності роздавання рідини з напірного РТ змінюванням геометричних параметрів та параметрів

випускних пристроїв, а також кінематичних характеристик потоків і струменів, які від'єднуються.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Кравчук А. М., Чернишев Д. О., Кравчук О. А.** Гідравліка напірних перфорованих трубопроводів очисних споруд систем водопостачання та водовідведення : монографія. Київ : КНУБА, 2021. 204 с.
2. **Yildirim, G.** Hydraulic Analysis and Direct Design of Multiple Outlets Pipelines Laid on Flat and Sloping Lands // *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce*, 2006. 132, 537–552. DOI: [10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2006\)132:6\(537\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2006)132:6(537))
3. **Кравчук А., Кравчук О.** Приклади гідравлічного розрахунку напірних збірних і розподільчих трубопроводів // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : науково-технічний збірник. Київ : КНУБА, 2018. Вип. 30. С. 31–35. DOI: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2018.30.31-35>
4. **Bosak M., Cherniuk V., Matlai I., Bihun I.** Studying the mutual interaction of hydraulic characteristics of water distributing pipelines and their spraying devices in the coolers at energy units // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019. 3/8 (99), p. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.166309>
5. **Moreira G., Magalhães H., de Almeida Tavares D., de Brito Correia B., Leite B., da Costa Pereira A., de Farias Neto S., de Lima A.** Fluid Leakage in Submerged Offshore Pipeline: An Analysis of Oil Dispersion in Seawater // *Open Journal of Fluid Dynamics*, 2020. 10, p. 95-121. DOI: [10.4236/ojfd.2020.102007](https://doi.org/10.4236/ojfd.2020.102007).
6. **Tong J. C. K., Sparrow E. M., Abraham J. P.** Geometric strategies for attainment of identical outflows through all of the exit ports of a distribution manifold in a manifold system // *Applied Thermal Engineering*, 2009. 29 (17-18), p. 3552–3560. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.06.010>
7. **Бігун І. В.** Особливості застосування напірних розподільних трубопроводів у різних технічних системах // *Theory and Building Practice*, 2019. Vol. 1. No 2. P. 14–20. DOI: <https://doi.org/10.23939/jtbp2019.02.014>
8. **Чернюк В. В., Орел В. І.** Вплив додатків поліакриламідів на нерівномірність дискретної шляхової роздачі води з напірного трубопроводу // *Промислова гідравліка і пневматика*, 2006. № 4 (14). С. 37–40.
9. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. Москва : Машиностроение, 1992. 672 с.
10. **Hassan J. M., Mohamed T. A., Mohammed W. S., Alawee W. H.** Modeling the uniformity of manifold with various configurations // *Journal of Fluids*, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/325259>
11. **Жуковський С. С., Лабай В. Й.** Аеродинаміка вентиляції: Навчальний посібник. Львів : Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2003. 372 с.
12. **Поспелов Ю. И., Ткачук А. Я.** Расчетные формулы для воздухораспределителей постоянного сечения с отверстиями, снабженными отделителями потока // *Известия вузов. Строительство и архитектура*, 1980. № 9. С. 104–106.
13. **Cherniuk V., Hnativ R., Kravchuk O., Orel V., Bihun I., Cherniuk, M.** The problem of hydraulic calculation of pressure distribution pipelines // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021. 6/7 (114), p. 93-103. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246852>
14. **Спосіб** регулювання шляхової витрати рідини в трубопроводах з насадками: пат. на винахід 115840 Україна, МПК G05D 7/00, F17D 1/02, F17D 1/08 / В. В. Чернюк, В. В. Іванів (Україна); Нац. ун-т “Львівська політехніка”. №а201611498; Заявлено 14.11.2016; Опубл. 26.12.2017, Бюл. №24. 5 с.
15. **Орел В. І., Скоропад М. І.** Розсіювальний випуск зворотних вод у водотік. Чиста вода // *Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* (28-30 жовтня 2015 р., м. Київ): матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ: НТУ «КПІ», 2015. С. 152-154.
16. **Chernyuk V. V., Orel V. I.** Experimental Verification of a New Method of Calculation for Pressure Distributive Pipelines / *Zeszyty Naukowy Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, Rzeszów, Poland: Politechnika Rzeszowska, 2009. Nr 266, z. 54. S. 27-34.
17. **Чернюк В. В., Іванів В. В.** Стенд для дослідження притоку в напірний трубопровід-збирач, прокладений у потоці рідини // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : науково-технічний збірник. Київ : КНУБА, 2015. Вип. 25. С. 286–294.
18. **Чернюк В. В., Іванів В. В.** Вплив транзитної витрати води на роздачу та притік крізь насадки в напірному трубопроводі // *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*, 2016. №844. С. 216–227.

19. **Wang J.** Theory of flow distribution in manifolds // *Chemical Engineering Journal*, 2011. Vol. 168, issue 3, 1331–1345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.02.050>.

20. **Bollrich G.** und Autorenkollektiv. Technische Hydromechanik, Band 2: Spezielle Problem. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin. 1989.

21. **Орел В. І., Скоропад М. І.** Методика проведення дослідження роботи розсіювального випуску зворотних вод // Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2018 р. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. С. 153.

REFERENCES

1. **Kravchuk, A. M., Chernyshev, D. O., & Kravchuk, O. A. (2021).** *Hidravlika napirnykh perforovanykh truboprovodiv ochysnykh sporud system vodopostachannia ta vodovidvedennia*. Kyivskyi natsionalnyi universytet budivnytstva y arkhitektury. [in Ukrainian]

2. **Yildirim, G. (2006).** Hydraulic Analysis and Direct Design of Multiple Outlets Pipelines Laid on Flat and Sloping Lands. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce*, 132, 537-552. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2006\)132:6\(537\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2006)132:6(537))

Kravchuk, A., & Kravchuk, O. (2018). The examples of hydraulic calculations of pressure collecting and distributing perforated pipelines. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 30, 31–35. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2018.30.31-35> [in Ukrainian]

3. **Bosak, N., Cherniuk, V., Matlai, I., & Bihun, I. (2019).** Studying the mutual interaction of hydraulic characteristics of water distributing pipelines and their spraying devices in the coolers at energy units. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/8(99), 23–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.166309>

4. **Moreira, G., Magalhães, H., de Almeida Tavares, D., de Brito Correia, B., Leite, B., da Costa Pereira, A., de Farias Neto, S. & de Lima, A. (2020).** Fluid Leakage in Submerged Offshore Pipeline: An Analysis of Oil Dispersion in Seawater. *Open Journal of Fluid Dynamics*, 10, 95–121. <https://doi.org/10.4236/ojfd.2020.102007>

5. **Tong, J. C. K., Sparrow, E. M., & Abraham, J. P. (2009).** Geometric strategies for attainment of identical outflows through all of the exit ports of a distribution manifold in a manifold system. *Applied Thermal Engineering*, 29(17-18), 3552–3560.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.06.010>

6. **Bihun, I. V. (2019).** Osoblyvosti zastosuvannya napirnykh rozpodilnykh truboprovodiv u riznykh tekhnichnykh systemakh. *Theory and Building Practice*, 1(2), 14–20. <https://doi.org/10.23939/jtbp2019.02.014> [in Ukrainian]

7. **Cherniuk, V. V., & Orel, V.I. (2006).** Vplyv dodatkov poliakrylamidu na nerivnomirnist dyskretnoi shliakhovoi rozdachi vody z napirnoho truboprovodu. *Promyslova hidravlika i pnevmatyka*, 4(14), 37–40. [in Ukrainian]

8. **Idel'chik, I. E. (1992).** *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam*. Moskva: Mashinostroenie. [in Russian]

9. **Hassan, J. M., Mohamed, T. A., Mohammed, W. S., & Alawee, W. H. (2014).** Modeling the uniformity of manifold with various configurations. *Journal of Fluids*, 2014, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/325259>

10. **Zhukovskiy, S. S., & Labai, V. Y. (2003).** *Aerodynamika ventyliatsii*. Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". [in Ukrainian]

11. **Pospelov, Ju. I., & Tkachuk, A. Ja. (1980).** Raschetnye formuly dlja vozduhoraspredelitelej postojannogo sechenija s otverstijami, snabzhenymi otdeliteljami potoka. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 9, 104–106. [in Russian]

12. **Cherniuk, V., Hnativ, R., Kravchuk, O., Orel, V., Bihun, I., & Cherniuk, M. (2021).** The problem of hydraulic calculation of pressure distribution pipelines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/7(114), 93-103. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246852>

13. **Cherniuk, V. V., & Ivaniv, V. V. (2016).** Sposib rehuliuвання shliakhovoi vytraty ridyny v truboprovodakh z nasadkamy: Pat. No. 115840 UA. No. a201611498; declared: 14.11.2016; published: 26.12.2017, Bul. No. 24. [in Ukrainian] (Retrieved May 5, 2023)

14. **Orel, V. I., & Skoropad, M. I. (2015).** Rozsiuvialnyi vypusk zvorotnykh vod u vodotik. Pure water. Fundamental, applied and industrial aspects (October 28-30, 2015, Kyiv): *Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference*. 152–154. [in Ukrainian]
15. **Chernyuk, V. V., & Ore, I. V. I. (2009).** Experimental Verification of a New Method of Calculation for Pressure Distributive Pipelines. *Zeszyty Naukowy Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 266(54). 27-34.
16. **Bollrich, G.** und Autorenkollektiv. (1989). Technische Hydromechanik, Band 2: Spezielle Problem. *VEB Verlag für Bauwesen*.
17. **Cherniuk, V. V., & Ivaniv V. V. (2015).** Stend dlia doslidzhennia pryotoku v napirnyi truboprovod-zbyrach, prokladenyi u pototsi ridyny. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 25, 286–294. [in Ukrainian]
18. **Cherniuk, V. V., & Ivaniv V. V. (2016).** Vplyv tranzytnoi vytraty vody na rozdachu ta prytyk kriz nasadky v napirnomu truboprovodi. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnikha». Serii: Teoriia i praktyka budivnytstva*, 844. 216–227. [in Ukrainian]
19. **Wang, J. (2011).** Theory of flow distribution in manifolds. *Chemical Engineering Journal*, 168(3). 1331–1345. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.02.050>.
20. **Orel, V. I., & Skoropad, M. I. (2018).** Method of carrying out of research on diffusioning discharge of reverse water. *Applied scientific and technical research* (April 3-5, 2018, Ivano-Frankivsk): *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. P. 153. [in Ukrainian]

Experimental test-bed for studying submerged fluid outflow from pressure distributive pipeline laid in an unpressured fluid flow

Vadym Orel, Oksana Matsiyevska, Ihor Popadyuk, Roman Lopushansky

Abstract. To develop an experimental stand for the study of the flooded outflow of liquid from pressure distribution pipelines laid in non-pressure flow, a review of ways to reduce the uneven distribution of liquid from pressure distribution pipelines was carried out. Among them, constructively changing the geometric parameters of the distribution pipelines or exhaust devices, giving the axis of the distribution pipeline an inclination to the horizon or the axis of the exhaust devices tilting relative to the axis of the distribution pipeline, changing the angle of the liquid entering the exhaust devices. In the manufactured experimental stand, there must be support in the hydraulic tray to ensure the flooded outflow of liquid from the outlet devices of the distribution pipeline. The presence of liquid support in the hydraulic tray should ensure a flooded outflow of liquid from the outlet devices of the distribution pipeline, and the absence of support - non-flooded outflow. The walls of the hydraulic tray and the distribution pipeline for studying the kinematic characteristics of the external and internal fluid flows, respectively, in the hydraulic tray and the distribution pipeline, and the liquid jet disconnected from the distribution pipeline must be transparent. The slope of the distribution pipeline can be changed relative to the bottom of the hydraulic tray. This achieves different branching angles of the jets to the free surface of the liquid in the hydraulic tray. Due to the design features of the hydraulic tray, the distribution pipeline should be sequential in structure, and not bifurcated. The method of carrying out a study of the flooded outflow of liquid from a pressure distribution pipeline laid in a non-pressure flow has been clarified. Preliminary results confirm the possibility of regulating the uneven distribution of liquid from the pressure distribution pipeline.

Key words: experimental test-bed, pressure distributive pipeline, variable flow rate fluid flow, submerged outflow, water channel.

Стаття надійшла до редакції 05.06.2023