

infrastruktura techniczna. Jak wynika z przeprowadzonych badań typ funkcjonalny gminy istotnie różnicuje poziom infrastruktury sieci wodociągowej. Odrzucona natomiast została hipoteza wskazująca na istnienie różnic pomiędzy współczynnikiem zagospodarowania w obszarach o charakterze zróżnicowanym-miejskim w stosunku do obszarów o charakterze turystycznym. W toku analiz udowodniono, że gminy ZM i T cechują się podobnym rozkładem poziomu zagospodarowania sieci wodociągowej.

### Literatura

Bański J., 2014, *Współczesne typologie obszarów wiejskich w Polsce – przegląd podejść metodologicznych*, Przegląd Geograficzny, IGiPZ PAN, Warszawa, t. 86, z. 4, s. 441-470.

Jóźwiak J., Podgórski J., 2006, *Statystyka od podstaw*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, wyd. 6, Warszawa, ss. 512.

Keya R., D., Rahmatullah I., 2016, *A Brief Review of Tests for Normality*, American Journal of Theoretical and Applied Statistics, vol. 5, no. 1, pp. 5-12.

Kozłowski W., 2012, *Zarządzanie gminnymi inwestycjami infrastrukturalnymi*, Wydawnictwo Difin, Warszawa, ss. 174.

Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014-2020, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 2014, pobrane z: [https://www.pois.gov.pl/media/1238/POIS\\_2014\\_2020\\_13022015.pdf](https://www.pois.gov.pl/media/1238/POIS_2014_2020_13022015.pdf), [dostęp z dnia 10 czerwiec 2020 r.]

Sierak J., 2017, Rozwój i przestrzenne zróżnicowanie upowszechnienia infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej w Polsce w latach 1995-2014, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, Rzeszów, t.1, nr 49, s. 302-321.

### ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ВИХІДНОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ НАСАДКИ З БІЧНИМ ВХОДОМ ЗАЛЕЖНО ВІД КУТА ПІДВЕДЕННЯ СТРУМЕНЯ

**V. V. Cherniuk<sup>1,2</sup>, S. Ye. Andreyuk<sup>3</sup>, I. V. Bihun<sup>1</sup>, V. Ye. Fasulak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка", Україна;

<sup>2</sup>Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Polska;

<sup>3</sup>Брестський державний технічний університет, Білорусь, м. Брест

### THROUGHPUT CAPACITY OF CYLINDRICAL OUTFLOW NOZZLES WITH LATERAL INPUT DEPENDING ON THE ANGLE OF INFLOW

**V. V. Cherniuk<sup>1,2</sup>, S. Ye. Andreyuk<sup>3</sup>, I. V. Bihun, V. Ye. Fasulak**

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University, Ukraine,

<sup>2</sup>Catholics University of Lublin named after John Paul II, Poland

<sup>3</sup>BreststatetechicalUniversity, Belarus, Brest

The throughput capacity of installed in a pressure distributive pipeline nozzles is investigated. It has been found that the value of the coefficient  $\mu$  of flow rate of the nozzles essentially depends on the angle of inflow to the nozzles, on Reynolds' criterion, and on the ratio of the cross-section area of the nozzle to the cross-section of the distributive pipeline.

Key words: cylindrical outlet nozzles with lateral inflow; coefficient of flow rate of outflow nozzle

**Вступ.** Вихідні насадки застосовують у напірних<sup>1</sup> розподільних трубопроводах (РТ) з дискретною шляховою роздачою рідини. РТ широко застосовуються у

---

<sup>1</sup> Напірними називають потоки рідин, оточені з усіх боків твердими стінками.

водопостачанні, водовідведенні, іригації, енергетиці [1], сільськогосподарській авіації (рис. 1) й інших технічних системах [2, с. 251-253]. При роботі РТ реалізується нерівномірна роздача рідини. У довгому РТ з постійними геометричними характеристиками найбільша віддача рідини крізь один отвір спостерігається на початку трубопроводу. Вздовж потоку вона спадає. Зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини досягають збільшенням у напрямку потоку діаметрів отворів у стінці РТ [3], скороченням відстані між ними, зменшенням діаметра трубопроводу, зміною конструкції випускних пристроїв [4-6]. Нами [7] запропоновано застосовувати для регулювання шляхової роздачі рідини з напірних РТ вихідні циліндричні насадки з бічним входом струменя, вмонтовані у стінці трубопроводу з можливістю повороту відносно їхньої поздовжньої осі.

**Мета роботи** – обрахувати значення коефіцієнта витрати  $m$  вихідних циліндричних насадок з бічним входом, встановлених в РТ, залежно від кута  $\beta$  між напрямками течії основного потоку в РТ і струменя, котрий входить у насадку.



Рис. 1. Напірний розподільний трубопровід у сільськогосподарській авіації (Cessna 188 AGWagon, Нова Зеландія; світлина взято з сайту: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cessna188AGWagonZKCSE.jpg>)

**Постановка експерименту.** Застосовано стенд з самопливною подачею води на досліджувані насади (рис. 2).

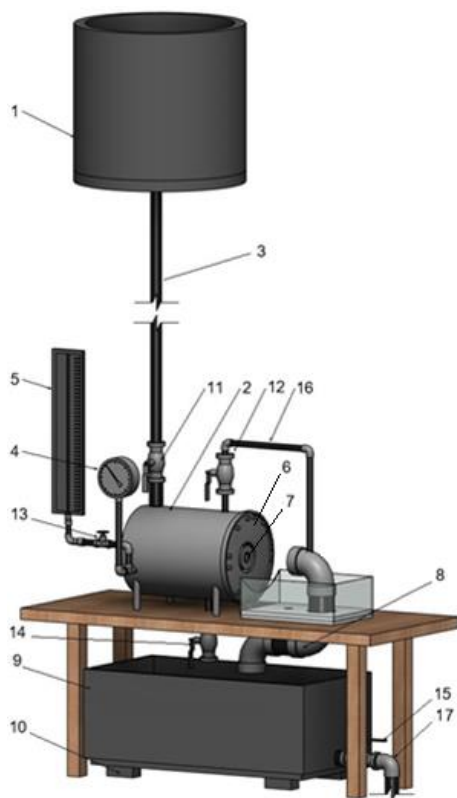


Рис. 2. Схема експериментального стенду:  
 1 – резервуар з водою;  
 2 – напірний бак з фрагментом досліджуваного РТ всередині;  
 3 – з'єднувальний трубопровід;  
 4 – манометр; 5 – п'єзометр;  
 6 – передня основа бака 2;  
 7 – струмінь, який витікає крізь досліджувану насадку; 8 – водовідвідна труба; 9 - водоприймальний бак;  
 10 - електронна вага; 11-15 – вентилі; 16 – труба для випуску повітря з напірного бака 2; 17 – водовипуск

Експериментальний стенд забезпечував витікання води з досліджуваних насадок під дією напору, котрий змінювали в межах від 0,01 до 18,57 м. Напори, менші ніж 2,2 м, вимірювали п'єзометром, більші - манометром. Насадки монтувались на внутрішній стороні кришки передньої основи ба напірного циліндричного бака 2 (див. рис. 2). Для відтворення умов роботи, таких як у розподільному трубопроводі, вхідний кінець насадки закріплювали у патрубку, котрий імітував РТ (рис. 3-рис. 5). Досліджено насадки з кутами  $\beta$ , рівними  $0^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $135^\circ$ ;  $180^\circ$  та діаметрами РТ і насадок, вказаними в таблиці 1.

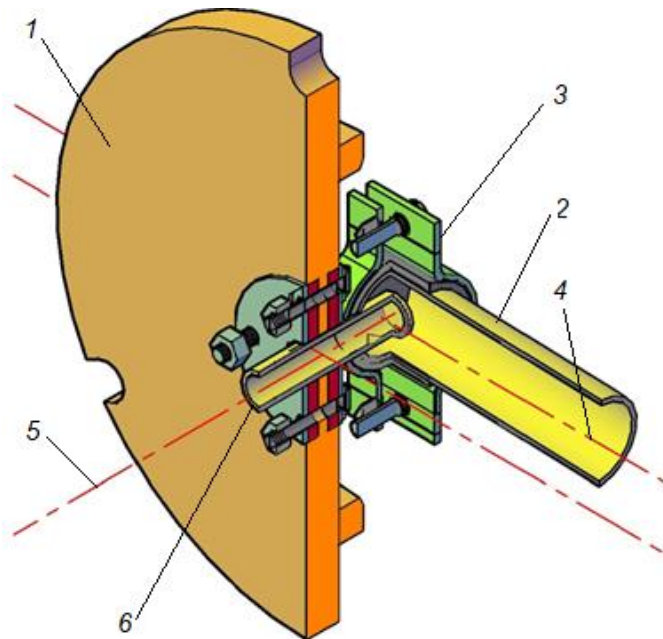


Рис. 3. Розріз вузла кріплення фрагмента РТ з досліджуваною насадкою: 1 – кришка передньої основи напірного бака; 2 – відрізок розподільного трубопроводу; 3 – елементи кріплення РТ; 4 – вісь РТ; 5 – вісь насадки; 6 – торцевий вихідний отвір насадки

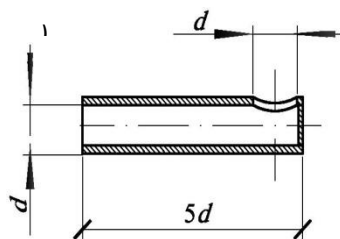


Рис. 4. Циліндричні насадки з ортогональним бічним входом: а – схема; б – загальний вигляд (в центрі фрагмент РТ зі змонтованою в ньому насадкою)

Таблиця 1. Геометричні характеристики досліджених насадок

Діаметри, мм		Відношення площ поперечних перерізів насадок і РТ $(d/D)^2$
розподільних трубопроводів, $D$	насадок, $d$	
20.18	6.01	0.0887
26.01	8.99	0.119
20.18	8.02	0.158
11.28	4.83	0.183
16.13	8.08	0.250

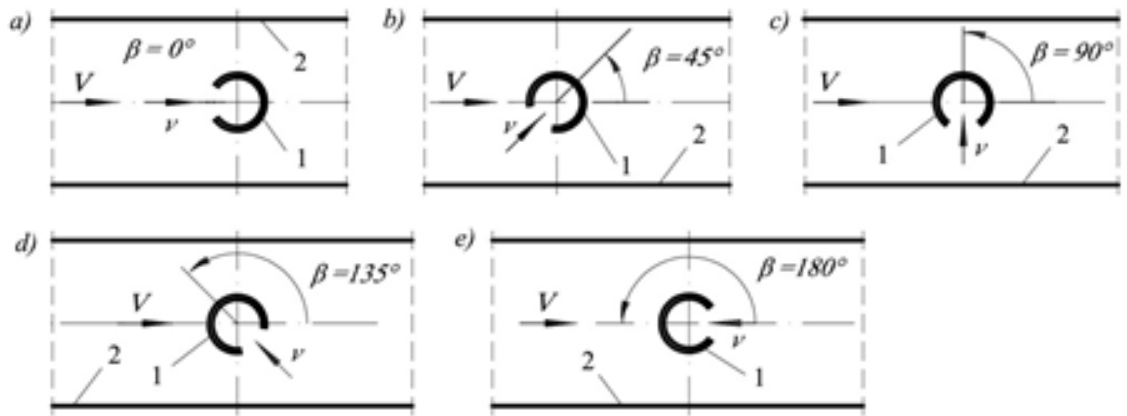


Рис. 5. Схеми відліку кута  $\beta$ : а -  $\beta = 0^\circ$ ; б -  $45^\circ$ ; с -  $90^\circ$ ; д -  $135^\circ$ ; е -  $180^\circ$ ; 1 – насадка (поперечний розріз); 2 – стінка РТ; V – напрямок руху потоку в РТ; v – те саме, струменя, котрий входить у насадку із РТ

**Результати експериментальних досліджень.** Виявлено, що значення коефіцієнта витрати  $\mu$  вихідних циліндричних насадок з бічним входом води істотно залежить від кута  $\beta$ , критерія Рейнольдса  $Re_d = vd/v$  (рис. 6, рис. 7) і від відношення площ  $(d/D)^2$  (рис. 8). Найбільшу пропускну здатність насадок отримано при  $\beta = 0^\circ$ , найменшу – при  $\beta = 90^\circ$  і  $\beta = 135^\circ$ , залежно від відношення площ  $(d/D)^2$ . Причиною найменших значень коефіцієнта  $\mu$  при  $\beta = 90^\circ$  і  $\beta = 135^\circ$  є найбільша деформація струменя при його входженні у насадку у цих випадках. Зі збільшенням  $(d/D)^2$  спостерігається тенденція до зменшення пропускну здатності насадок (рис. 8).

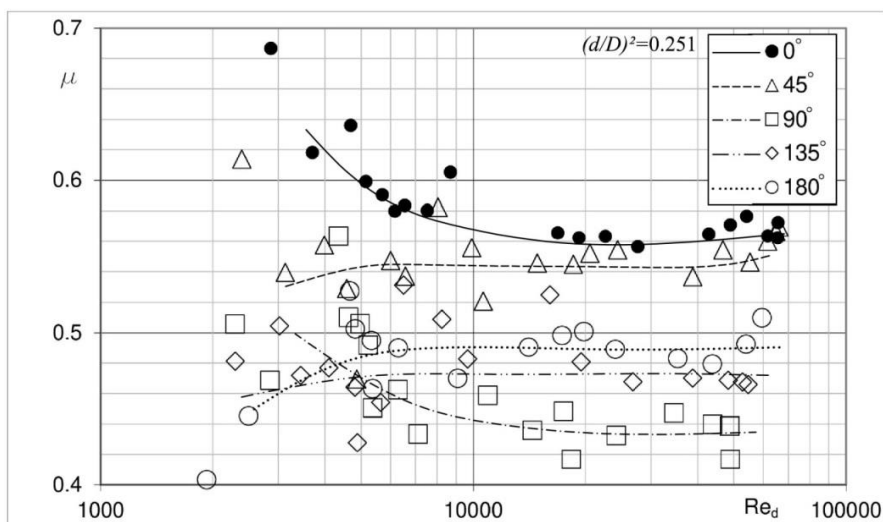


Рис. 6. Залежність  $\mu = f(Re, \beta)$  для циліндричних насадок при  $(d/D)^2 = 0,251$ ; критерій Рейнольдса  $Re_d = vd/v$  обчислено для струменя води у вихідній насадці

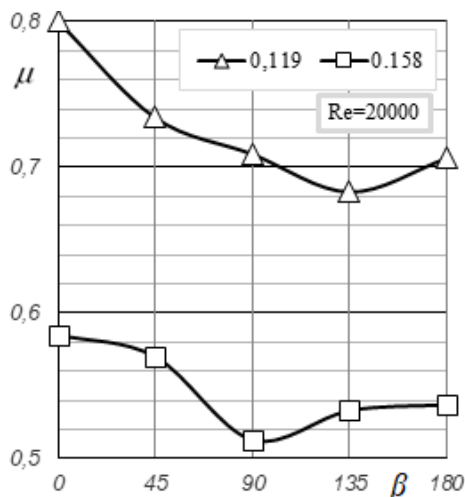


Рис. 7. Залежність коефіцієнта  $\mu$  витрати насадок від кута  $\beta$  та відношення площ поперечних перерізів  $(d/D)^2$  насадки та РТ для  $Re_d = 20000$

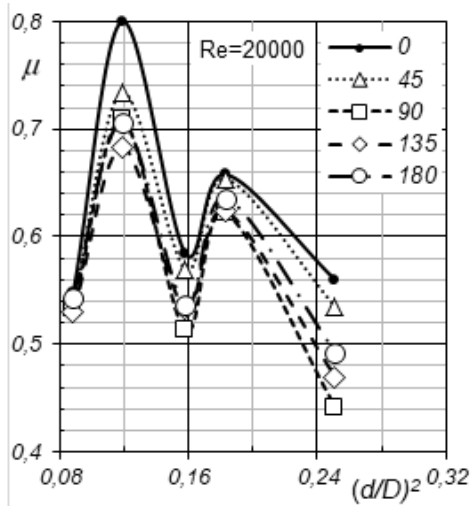


Рис. 8. Залежність коефіцієнта  $\mu$  витрати насадок від відношень  $(d/D)^2$  для  $Re_d = 20000$  при різних значення кута  $\beta$

Таблиця 2. Відносне змінювання коефіцієнта  $\mu$  при  $Re_d = 10^4$  для кутів  $\beta = 0^\circ$  і  $\beta = 90^\circ$  при різних значеннях відношення  $(d/D)^2$ ;  
 $\psi = [(\mu_{0^\circ} - \mu_{90^\circ}) \cdot 100\% / \mu_{0^\circ}]$

Відношення площ поперечних перерізів насадок і РТ, $(d/D)^2$	Коефіцієнти $\mu$ витрати насадок при кутах $\beta$		Відносна зміна $\psi$ коефіцієнта $\mu$ , %
	$0^\circ$	$90^\circ$	
0.0887	0.552	0.540	2.17
0.119	0.811	0.738	9.00
0.158	0.605	0.529	12.6
0.183	0.634	0.606	4,42
0.251	0.570	0.444	22.1

**Висновки.** Експериментально встановлено залежність значення коефіцієнта  $\mu$  витрати циліндричних насадок з бічним входом струменя, від кута  $\beta$  між напрямками руху потоку води в розподільному трубопроводі та струменя, котрий входить у насадку та від'єднується від РТ. Досліди проведено при різних значеннях відношення площ поперечного перерізу насадки і патрубку, у якому її монтували. Регулюванням значення кута  $\beta$  отримано змінювання значення коефіцієнта  $\mu$  до 22.1 % лише для однієї насадки. Очікується, що для довгого РТ, котрий містить низку насадок, регулюванням значення кута  $\beta$  можна досягнути істотного зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини.

#### Список використаних літературних джерел

1. Чернюк В. В. Напірні розподільні трубопроводи в енергетиці / В. В. Чернюк, В. В. Іванів, І. В. Бігун // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам в регіоні. Матеріали X-ої міжнародн. наук.-практичн. конференц. (4-5 квітня, 2019 р.): Збірник наукових праць. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2019. – С. 62-67с.
2. Яхно О. М. Напірні потоки зі змінними характеристиками: монографія / О. М. Яхно, В. В. Чернюк, Р. М. Гнатів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 408 с.
3. Chen Andrev W. Systematic approaches for design of distribution manifolds having the same perport outflow / Chen Andrev W., Sparrow Ephraim M. // Trans. ASME. J. Fluids Eng., 2009. – Vol. 131, № 6. – P. 061101/1-061101/9.
4. Пат. 2164246 Российская федерация, МПК7 С 21 D 001/667. Распределительное коллекторное устройство газожидкостной смеси / [Н. А. Юровский, Г. Г. Траянов, А. Н. Литвинов и др.]; заявитель и

патентообладатель Открытое акционер. общество “Всероссийск. НИИ металлург. теплотехники” - № 99119247/02; заявл. 2002.

5. Кравчук А. М. Гідравліка змінної маси напірних трубопроводів технічних систем: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.16 “Гідравліка і інженерна гідрологія” / А. М. Кравчук. – К., 2004. – 35 с.

6. Чернишов Д. О. Вплив гідродинаміки потоку на характеристики роботи розподільчих трубопроводів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.16 “Гідравліка і інженерна гідрологія” / Д. О. Чернишов. – К., 2005. – 20 с.

7. Патент на винахід № 115840 Україна, МПК G05D 7/00, F17D 1/02, F17D 1/08. Спосіб регулювання шляхової витрати рідини в трубопроводах з насадками / В. В. Чернюк, В. В. Іванів (Україна); Національний університет “Львівська політехніка”. – № а 2016 11498; Заявлено 14.11.2016; Опубліковано 26.12.2017, Бюлетень № 24, Український інститут інтелектуальної власності. – 5 с.

8. Flys I. Ya. Cylindric nozzles with lateral inlets installed in distributive pipeline. investigational bench for investigation of operation of nozzles / I. Ya. Flys, V. V. Ivaniv, I. V. Bihun. // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія: Теорія і практика будівництва. – 2019. – № 912. – С. 187-192.

9. Cherniuk V. V. Coefficient of Flow Rate of Inlet Cylindrical Nozzles with Lateral Orthogonal Inflow / V. V. Cherniuk, V. V. Ivaniv, I. V. Bihun, and Ja. M. Wojtowicz // Proceedings of CEE 2019. Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering. – Springer. Nature Switzerland AG 2020. – P. 50-57 ([https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_7)).

10. I. Bihun. Coefficient of flow rate for outlet cylindrical nozzles with lateral inflow installed in distributive pipelines / I. Bihun, V. Ivaniv, V. Cherniuk // In the monograph „Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring”. Edited by Henryk Sobczuk, Beata Kowalska. - Publishing house: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2020. – P. 23-32. (ISBN: 978-83-7947-409-7).

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ**

***Шпак О.М***

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ*

## **CURRENT METHODS FOR REMEDIATION OF GROUNDWATER CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS**

***Shpak O.M***

*The Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv*

Remediation of groundwater contaminated with petroleum products is one of the priority directions of environmental activity in Ukraine. This paper describes methods for remediation of contaminated groundwater such as pumping by drains, trenches and wells, steam extraction, bioventing, bioslurping, air sparging, pump-and-treat of contaminated groundwater, bioremediation and phytoremediation. These methods have their advantages and limitations, and a sequence of remediation processes is required to minimize subsurface contamination with petroleum products. Further research will consist in development of the optimal remediation strategy that depends on hydrogeological conditions of contaminated sites, the rate of migration and distribution of petroleum products in the subsurface, and the purpose of remediation.

**Вступ.** Відновлення забруднених нафтопродуктами (НП) підземних вод є екологічною проблемою світового масштабу і одним з пріоритетних напрямів геоecологічної діяльності в Україні. Досвід закордонних спеціалістів та досліджень, проведених в ІГН НАНУ на забруднених НП ділянках, свідчить про те, що традиційні методи, як відкачка та обробка забруднених підземних вод, не