

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ БУСІНЕСКА І КОРІОЛІСА ДЛЯ ТРУБОПРОВІДІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ З ПРИЄДНАННЯМ ВИТРАТИ ВЗДОВЖ ШЛЯХУ

Андрій Кравчук<sup>1</sup>, Геннадій Кочетов<sup>2</sup>, Олександр Кравчук<sup>3</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, пр. Повітрофлотський, м. Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>докт. тех. наук, професор, [kravchuk.am@knuba.edu.ua](mailto:kravchuk.am@knuba.edu.ua), [orcid.org/0000-0001-8732-9244](https://orcid.org/0000-0001-8732-9244)

<sup>2</sup>докт. тех. наук, професор, [gkochetov@gmail.com](mailto:gkochetov@gmail.com), [orcid.org/0000-0003-0041-7335](https://orcid.org/0000-0003-0041-7335)

<sup>3</sup>канд. тех. наук, доцент, [kravchuk.oa2@knuba.edu.ua](mailto:kravchuk.oa2@knuba.edu.ua), [orcid.org/0000-0001-6578-8896](https://orcid.org/0000-0001-6578-8896)

DOI: 10.32347/2524-0021.2021.36.11-17

**Анотація.** В даній роботі на базі результатів проведених авторами експериментальних досліджень визначено особливості епюри осереднених швидкостей руху рідини в перерізах напірних збірних перфорованих трубопроводів. Приведено найбільш характерні типові епюри осереднених швидкостей в перерізах даних труб при їх різних конструктивних характеристиках. Здійснено порівняльний аналіз отриманих епюр з епюрами швидкостей, які мають місце при рівномірному русі в напірних трубопроводах з суцільними стінками. Показано, що основна відмінність між ними має місце в зонах потоку, які знаходяться біля стінок каналу. Останнє пояснюється впливом на основний потік приєднаних струминок рідини. Оцінка ступеня деформованості епюр проводилась за величиною коефіцієнта кількості руху  $\alpha_0$  (Бусінеска) і коефіцієнта кінетичної енергії  $\alpha$  (Коріоліса). Визначено, що в загальному випадку дані коефіцієнти будуть змінними за величиною за довжиною досліджуваних труб. Не дивлячись на це при проведенні інженерних розрахунків дані коефіцієнти рекомендується примати постійними за величиною. На основі аналізу рівняння руху рідини зі змінною витратою визначено границі конструктивних характеристик збірних труб, для яких дану нерівномірність епюр треба враховувати, а при яких нею можна знехтувати.

**Ключові слова:** збірний перфорований трубопровід; епюра швидкостей; коефіцієнт Бусінеска; коефіцієнт Коріоліса.

### ВСТУП

Напірні збірні перфоровані трубопроводи, які працюють зі змінною витратою вздовж шляху, знаходять широке застосування в різних областях техніки, наприклад, водозабірних спорудах, системах примусової вентиляції, теплоенергетиці та ін. [1]. Особливо слід виділити їх використання в очисних спорудах систем водопостачання і водовідведення населених пунктів і промислових підприємств [2]. Розробка і вдосконалення методики розрахунку параметрів трубопроводів, які зможуть забезпечити технологічно заданий закон збору води в об'ємі очисної

споруди дозволить раціональніше використовувати досить обмежені водні ресурси, оптимізувати розміри і конструкції самих споруд, забезпечити необхідну якість очистки води, що споживається та відводиться, і тим самим зробити суттєвий внесок в справу збереження здоров'я населення, охорони і раціонального використання поверхневих і підземних водних джерел [3].

### МЕТА І МЕТОДИ

Метою роботи є оцінка ступеня нерівномірності епюр осереднених швидкостей потоку в поперечних перерізах напірних збірних перфорованих трубопроводів

у порівнянні з епюрами швидкостей при рівномірному русі в трубопроводах з суцільними стінками. А також визначення границь, в яких ця нерівномірність необхідно враховувати при розрахунках даних труб. Математична обробка отриманих експериментальним шляхом епюр осереднених швидкостей в перерізах здійснювалась за методикою «площа – швидкість». При цьому ця нерівномірність оцінювалась за величиною коефіцієнтів кількості руху  $\alpha_0$  (Бусінеска) і коефіцієнта кінетичної енергії  $\alpha$  (Коріоліса).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Схема роботи напірного збірного трубопроводу постійного діаметра з рівномірною перфорацією стінок приведена на рис.1.

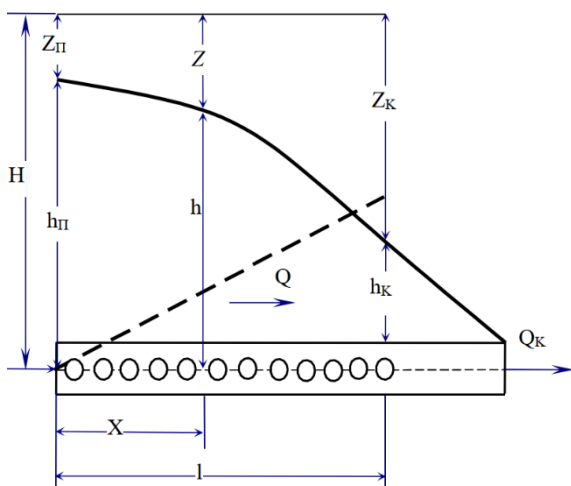


Рис. 1. Схема роботи збірного трубопроводу

Fig. 1. Scheme of collecting pipeline working

На ньому показано:  $Q_k, Q$  – витрата, відповідно, в кінцевому і довільному перерізі труби;  $Z$  – перепад напорів, під дією якого здійснюється втікання води в трубу.

Як показує практика, методика гідравлічного розрахунку даних трубопроводів суттєво відрізняється від методів розрахунку характеристик трубопроводів з суцільними стінками, що транспортують рідину з постійною витратою. Головною особливістю розрахунку труб даному випадку є наявність змінної витрати вздовж

шляху [4]. При цьому базовим рівнянням для аналізу слугує залежність гідравліки змінної маси у вигляді, запропонованому Г.Г. Петровим [5], яке отримане на базі рівняння збереження кількості руху:

$$\frac{\alpha_0}{g} \left( V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( z + \frac{P}{\rho g} \right) + \frac{\alpha_0 (V - \theta)}{gQ} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} V + \frac{\partial Q}{\partial t} \right) + i_f = 0, \quad (1)$$

Для усталеного руху, у випадку застосування труб постійного діаметра ( $\Omega = const$  і  $Q = V\Omega$ ), рівняння (1), прийме вигляд:

$$dh + (2 - m)\alpha_0 \frac{VdV}{g} + dh_l = 0, \quad (2)$$

де  $dh = d \left( z + \frac{P}{\rho g} \right)$ ,  $m = \frac{U_o \cos \varphi}{V}$  – проекція швидкості руху приєднуваної витрати  $U_o$  на вісь основного потоку;  $\varphi$  – кут, під яким відбувається приєднання струминки рідини до основного потоку;  $dh_l$  – втрати напору на гідравлічне тертя на одиниці довжини каналу;  $\alpha_0$  – коректив кількості руху (коефіцієнт Бусінеска).

На сьогоднішній день на основі розв'язання вихідного диференціального рівняння (2) запропоновано декілька методик розрахунку даних труб, які дають приблизно рівноцінні кінцеві результати [6]. При цьому, нема єдиної думки, яким за величиною приймати значення коефіцієнта кількості руху  $\alpha_0$ . Практично у всіх авторів в розрахунках приймалося значення  $\alpha_0 = 1$ , що не було достатньо обгрунтовано.

Як відомо, за допомогою коефіцієнта кількості руху потоку (коефіцієнта Бусінеска)  $\alpha_0$  і коефіцієнта кінетичної енергії (коефіцієнта Коріоліса)  $\alpha$  враховують, відповідно, відмінність величини кількості руху потоку і його кінетичної енергії, які підраховані за величинами дійсних швидкостей в перерізі, від вказаних

параметрів, що розраховані за середніми значеннями цих величин.

Практично і теоретично доведено, що для рівномірного турбулентного режиму руху рідини при параболічній епюрі осереднених швидкостей в розрахунках можна приймати  $\alpha_0 = 1,03...1,05$  і  $\alpha = 1,10...1,15$  [7]. З зв'язку з тим, що корективи  $\alpha_0$  і  $\alpha$  дуже мало відрізняється від одиниці, в цілому в ряді розрахунків їх приймають рівними одиниці. Хоча відомі випадки (при розрахунках гідротехнічних споруд), коли значення цих коефіцієнтів доходить до 4...6 [8]. При ламінарному режимі руху при гіперболічній епюрі осереднених швидкостей приймають:  $\alpha_0=1,33$ ;  $\alpha = 2,0$ .

Як відомо, величини коефіцієнтів Бусінеска ( $\alpha_0$ ) і Коріоліса ( $\alpha$ ) залежать від характеру і форми епюри осереднених швидкостей в перерізі та середньої швидкості в тому ж перерізі  $V$  і визначаються за відповідними залежностями [9]:

$$\alpha_0 = \frac{K_{icm}}{K} = \frac{\rho \int u^2 d\Omega}{MV} = \frac{\int u^2 d\Omega}{V^2 \Omega}, \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{E_{icm}}{E_{cep}} = \frac{0,5\rho \int u^3 d\Omega}{0,5MV^2} = \frac{\int u^3 d\Omega}{V^3 \Omega}, \quad (4)$$

де  $K_{icm}$  і  $K$  – відповідно, істинна (підрасована за значеннями осереднених швидкостей в перерізі) кількість руху потоку і кількість руху потоку, яка розрахована за середнім значенням швидкості в перерізі;  $E_{icm}$  і  $E$  – те ж саме для значення кінетичної енергії потоку;  $\Omega$  – площа перерізу каналу;  $M = \rho Q = \rho V \Omega$  – маса рідини, яка протікає через переріз  $\Omega$  за одиницю часу.

З загального курсу гідравліки відомо, що коефіцієнти  $\alpha_0 \geq 1$  і  $\alpha \geq 1$ . Чим більше вони відрізняються від одиниці, тим вище ступінь нерівномірності розподілення швидкостей за перерізом. Між коефіцієнтами Коріоліса і Бусінеска при симетричних профілях швидкості справедливе приблизне співвідношення

$$\alpha \approx 3\alpha_0 - 2. \quad (5)$$

При різко несиметричних профілях осереднених швидкостей в перерізі дане співвідношення може не виконуватись.

Закони розподілу швидкостей в живих перерізах збірних перфорованих трубопроводах, які працюють з приєднанням рідини вздовж шляху, поки що вивчені недостатньо. Це ускладнює визначення коефіцієнтів  $\alpha_0$  і  $\alpha$ . Надійні значення цих коефіцієнтів можна отримати тільки на основі експериментальних даних.

Для можливості детального вивчення особливості епюр осереднених швидкостей в перерізах перфорованого збірного трубопроводу в лабораторії гідравліки Київського національного університету будівництва і архітектури на спеціально змонтованому аеродинамічному стенді була проведена серія досліджень. Досліджувався трубопровід діаметром 150 мм довжиною перфорованої частини 3 м. В досліджах величина конструктивного параметра  $f = \frac{\alpha_n l}{\Omega}$  змінювалась від  $f_{\min} = 0,3$  до  $f_{\max} = 2,8$  (де  $\alpha_n$  площа отворів перфорації на одиниці довжини труби). Робочою рідиною в досліджах служило повітря.

Вимірювання профілю осереднених швидкостей і характеру п'єзометричної лінії здійснювались в 10 спеціально обладнаних створах, розташованих через 0,5 і 0,25 м.

Детальне описання роботи експериментальної установки і порядок проведення вимірювань приведені в роботі [10].

Перед проведенням основних експериментів на дослідній установці була виконана серія попередніх вимірювань епюр осереднених швидкостей турбулентного потоку в трубі із суцільними стінками без перфорації. Тобто, при роботі труби в усталеному рівномірному режимі руху рідини.

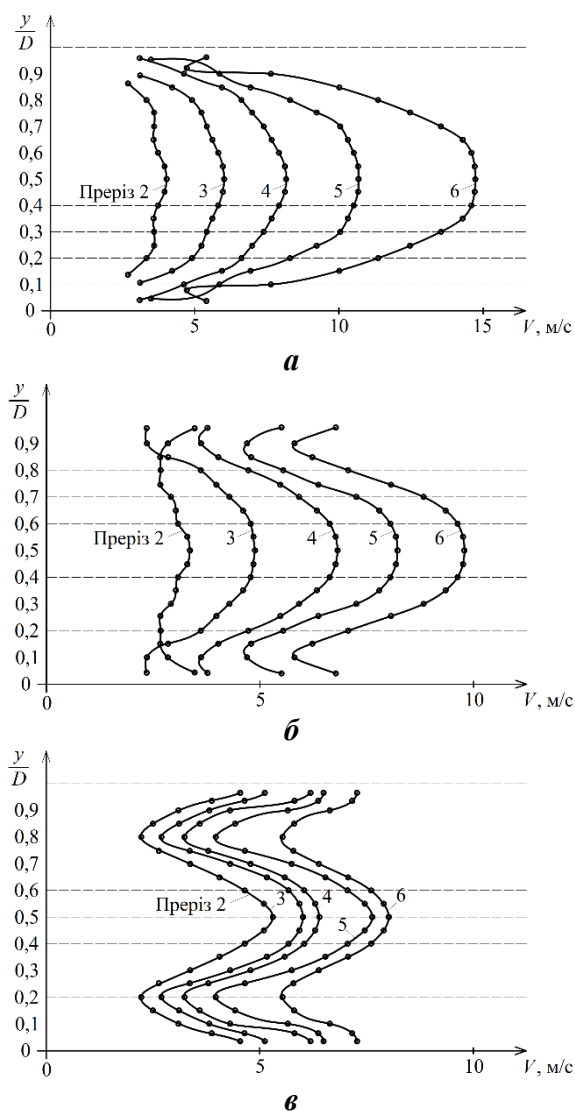
Отримані профілі осереднених швидкостей відповідають загальноприйнятим уявленням про параметри рівномірного турбулентного руху в циліндричному

трубопроводі і можуть бути описані логарифмічним або степеневим законом [11]. Використовуючи залежності (3), (4) було розраховано коефіцієнти кількості руху  $\alpha_0$  і кінетичної енергії  $\alpha$ , а також місце розташування місцевої осередненої швидкості, яка дорівнює за величиною середній швидкості в розглядуваному перерізі трубопроводу. Отримано:  $\alpha_0 = 1,04$ ,  $\alpha = 1,11$  і  $y = 0,125r$ . Ці дані добре узгоджуються з даними, приведеними в багатьох роботах, наприклад [12, 13].

На рис. 2 (а, б, в) приведені окремі, найбільш характерні і інформативні, епюри осереднених швидкостей при різних конструктивних характеристиках труб.

Їх аналіз показує, що вони суттєво відрізняються від епюр осереднених швидкостей при рівномірному русі. Цю обставину можна пояснити інтенсивним впливом приєднаних струминок на основний потік. При симетричному розміщенні отворів перфорації по твірній, епюри також будуть симетричні відносно осі трубопроводу, де має місце максимальна за величиною осереднена швидкість в даному перерізі. У випадку несиметричного розміщення отворів, симетричність епюр також порушується.

Приведені епюри свідчать про те, що при рівномірній перфорації бічних стінок каналу, в усіх випадках має місце нерівномірний режим приєднання рідини вздовж шляху. Характер цієї нерівномірності визначається також величиною співвідношення між швидкістю руху приєднаних (втікаючих) струминок і середньою в перерізі швидкістю основного потоку в каналі ( $U_0/V$ ). Причому більшому значенню співвідношення  $U_0/V$  відповідає більше викривлення поля осереднених швидкостей у порівнянні з рівномірним рухом. При цьому струминка рідини проникає на більшу глибину в основний потік і інтенсивніше деформує поле осереднених швидкостей в поперечному перерізі збирного каналу.



**Рис.2.** Профілі осереднених швидкостей в перерізах перфорованих трубопроводів:  
**а** –  $f = 2,82$ ; **б** –  $f = 1,41$ ; **в** –  $f = 0,706$

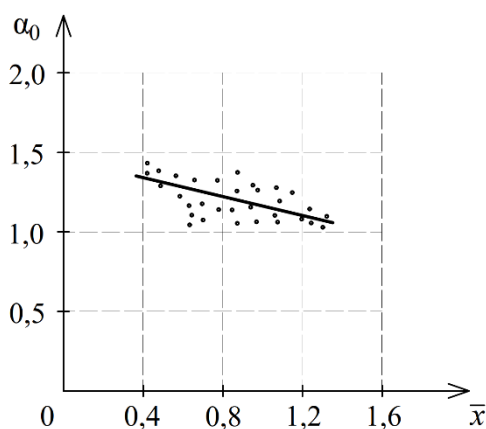
**Fig. 2.** Profiles of averaged velocities in perforated pipelines cross-sections  
**а** –  $f = 2,82$ ; **б** –  $f = 1,41$ ; **в** –  $f = 0,706$

При аналізі епюр осереднених швидкостей на рис. 2 (а, б, в) прослідковується їх певна характерність. Особливо це стосується зон біля стінок труби. Цю особливість можна пояснити впливом на основний потік втікаючих через бічну стінку струминок рідини, які створюють додатковий опір, на переборення якого витрачається необхідна енергія. Завдяки цьому

відбувається суттєве зменшення місцевих осереднених швидкостей потоку.

Ступінь деформованості епюр осереднених швидкостей в перерізах збірних труб оцінювалась величиною коефіцієнтів  $\alpha_0$  і  $\alpha$ . При обробці епюр швидкостей використовувався метод «площа – швидкість», у відповідності з яким переріз труби розбивався на 10 кільцевих майданчиків однакової площі. Визначалась середня осереднена швидкість і витрата для кожного з них ( $\Delta Q = u \cdot \Delta \Omega$ ). Загальна витрата в перерізі розраховувалась як сума витрат через всі майданчики ( $Q = \sum \Delta Q$ ). Середня швидкість в перерізі труби знаходилась за формулою  $V = Q/\Omega$ .

Результати обробки експериментальних епюр осереднених швидкостей в перерізах за довжиною збірного трубопроводу у вигляді залежності коефіцієнта  $\alpha_0$  від конструктивного параметра  $\bar{x} = \frac{\alpha_n \cdot x}{\Omega}$  представлені на рис.3.



**Рис. 3.** Зміна коефіцієнта Бусінеска зі зміною конструктивного параметра  $\bar{x}$   
**Fig. 3.** Boussinesq coefficient variation with constructive parameter  $\bar{x}$  variation

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Результати дослідів показали, що коефіцієнт Бусінеска є змінним за довжиною напірного каналу і залежать від конструктивного параметра  $\bar{x}$ . Але для конкретних інженерних розрахунків більш зручним є використання даного коефіцієнта постійними для всього трубопроводу. Причому, меншим значенням  $f$

відповідають більші величини  $\alpha_{0\text{сер}}$ . Навпаки, при підвищенні  $f$  величина цього коефіцієнта зменшується. Також відмічається, що на початкових ділянках збірника значення вказаного коефіцієнта більші, а ближче до кінцевого перерізу суттєво знижуються. Таким чином, підвищені значення  $\alpha_0$  будуть мати місце на ділянках труб, де приєднується незначна частина витрати (в порівнянні з витратою в кінцевому перерізі  $Q_k$ ) і її вплив на основний потік відносно невеликий.

Окрім того, аналізуючи вихідне рівняння (2) можна стверджувати, що коефіцієнт Бусінеска  $\alpha_0$  впливає тільки на величину другого члена цього рівняння, тобто має значення тільки при розрахунку відносно довгих трубопроводів. Для відносно коротких збірних труб ( $\zeta_l < 3$ ) [14] зміну даного коефіцієнта можна не враховувати.

Аналіз експериментальних даних також показав, що між величинами коефіцієнтів кількості руху  $\alpha_0$  і кінетичної енергії  $\alpha$  для збірних перфорованих труб справедлива залежність (5).

Характеризуючи роботу збірних труб в цілому, а також приймаючи до уваги діапазон зміни конструктивних характеристик реальних систем, для інженерних розрахунків рекомендується приймати  $\alpha_0 \approx 1,1$ ;  $\alpha \approx 1,3$ .

### ЛІТЕРАТУРА

1. Чернюк В. В., Іванів В. В., Ценюх М. Б. Нерівномірність притоку води до напірного трубопроводу-збирача залежно від кута приєднання вхідних струменів // Науковий вісник НЛТУ України, 2019. Т. 29, вип. 9. С. 116-120. doi: [10.36930/40290920](https://doi.org/10.36930/40290920)
2. Егоров А. И. Гидравлика напорных трубчатых систем в водопроводных очистных сооружениях. М.: Стройиздат, 1984. 95 с.
3. Martynov S., Kvartenko O., Kovalchuk V., Orlova A. Modern trends at natural and wastewater treatment plants reconstruction // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 907 (2020) 012083. doi: [10.1088/1757-899X/907/1/012083](https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012083)
4. Кравчук А. М., Кочетов Г. М., Кравчук О. А. Проектування трубопроводів для рівномірного збору води вздовж шляху //

Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2020. Вип. 33. С. 34-40. doi: [10.32347/2524-0021.2020.33.34-40](https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.33.34-40)

5. **Петров Г. А.** Гидравлика переменной массы. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1964. 224 с.

6. **Kravchuk O. A.** Particularities of hydraulic calculation of collecting prepressure drainage pipelines // *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2021. No. 83, p. 130-138

doi: [10.31650/2415-377X-2021-83-130-138](https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-83-130-138)

7. **Чугаев Р. Р.** Гидравлика. Ленинград: Энергия, 1975. 600 с.

8. **Богомолов А. И., Михайлов К. А.** Гидравлика. М: Стройиздат, 1972. 648 с.

9. **Большаков В. А., Константинов Ю. М., Попов В. Н.** Справочник по гидравлике. К.: Вища школа, 1984. 343 с.

10. **Kravchuk A., Kochetov G., Kravchuk O.** Improving the calculation of collecting perforated pipelines for water treatment structures // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6, 10(108). P. 23-28. doi: [10.15587/1729-4061.2020.216366](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216366)

11. **Альтшуль А. Д.** Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1970. 216 с.

12. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975. 559 с.

13. **Кравчук А. М., Кравчук О. А.** Спеціальні питання гідравліки систем водопостачання і водовідведення: Навч. посібник. Київ: КНУБА, 2020. 175 с.

14. **Кравчук О. А., Кравчук О. Я.** Оцінка впливу різного роду втрат напору на характеристики роботи збірних трубопроводів // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2020. Вип. 34. С. 19-24. doi: [10.32347/2524-0021.2020.34.19-24](https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.34.19-24)

## REFERENCES

1. **Cherniuk, V. V., Ivaniv, V. V. & Tsenyuh, M. B. (2019).** Dependence of non-uniformity of water inflow into pressure pipeline-collector on the angle of inflowing jets. *Scientific Bulletin of UNFU, Vol. 29, 9*, 116-120. [in Ukrainian] doi: [10.36930/40290920](https://doi.org/10.36930/40290920)

2. **Ehorov, A. I. (1984).** *Hydraulics of pressure tubular systems in water treatment plants*. Moscow, USSR: Stroyizdat, 95. [in Russian]

3. **Martynov, S., Kvarthenko, O., Kovalchuk, V. & Orlova, A. (2020).** Modern trends at natural and wastewater treatment plants reconstruction. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 907 012083. doi: [10.1088/1757-899X/907/1/012083](https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012083)

4. **Kravchuk, A., Kochetov, G. & Kravchuk, O. (2020).** Pipelines designing for steady water collection along the path. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 33, 34-40. doi: [10.32347/2524-0021.2020.33.34-40](https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.33.34-40)

5. **Petrov, H. A. (1964).** *Variable weight hydraulics*. Kharkiv, Ukraine: Edition of Kharkiv University, 224. [in Russian]

6. **Kravchuk, O. A. (2021).** Particularities of hydraulic calculation of collecting prepressure drainage pipelines. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 83, 130-138. doi: [10.31650/2415-377X-2021-83-130-138](https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-83-130-138)

7. **Chugaev, R. R. (1975).** *Hydraulics*. Leningrad, USSA: Energiya, 600. [in Russian]

8. **Bogomolov, A. I. & Mikhailov, K. A. (1972).** *Hydraulics*. Moscow, USSA: Stroyizdat, 648. [in Russian]

9. **Bolshakov, V. A., Konstantinov, Y. M., Popov, V. N. (1984).** *Hydraulic handbook*. Kyiv, USSA: Vysha shkola, 343. [in Russian].

10. **Kravchuk, A., Kochetov, G. & Kravchuk, O. (2020).** Improving the calculation of collecting perforated pipelines for water treatment structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, 10(108)*, 23-28. doi: [10.15587/1729-4061.2020.216366](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216366)

11. **Altshul, A. D. (1970).** *Hydraulic resistances*. Moscow, USSA: Nedra, 216. [in Russian]

12. **Idelchik, I. E. (1975).** *Handbook on hydraulic resistances*. Moscow, USSA: Mashynostroenie, 559. [in Russian]

13. **Kravchuk, A. M. & Kravchuk, O. A. (2020).** *Special issues of hydraulics of water supply and water sewerage systems: Tutorial*. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 175. [in Ukrainian]

14. **Kravchuk, O. A. & Kravchuk, O. Ya. (2020).** Evaluation of the impact of different head loss types on the collecting pipelines working characteristic. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 34, 19-24. doi: [10.32347/2524-0021.2020.34.19-24](https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.34.19-24)

## Determination of Boussinesq and Coriolis coefficients for pipelines operating with discharge connection along the path

*Andriy Kravchuk, Gennadii Kochetov, Oleksandr Kravchuk*

**Abstract.** Peculiarities of the diagrams of averaged fluid velocities in the cross-sections of pressure collecting perforated pipelines were determined on the basis of the experimental studies conducted by the authors. The most characteristic typical diagrams of averaged velocities in the pipelines cross-sections with their different design characteristics were given. A comparative analysis of the obtained diagrams with the diagrams of velocities that occur during uniform motion in pressure pipelines with solid walls was carried out. It is shown that the main difference between them occurs in the flow zones, which are located near the pipeline walls. It was explained by the connected liquid jets effect on the main flow. The degree of diagrams deformation was estimated by the value of the momentum coefficient  $\alpha_0$  (Boussinesq coefficient) and the coefficient of kinetic energy  $\alpha$  (Coriolis coefficient). It was determined that in the general case these coefficients will be variable in magnitude along the length of the studied pipes. Nevertheless, these coefficients are recommended to be constant in magnitude in engineering calculations. The limits of the structural characteristics of collecting perforated pipes for which this non-uniformity of the diagrams must be taken into account, and for which it can be neglected were determined on the basis of the analysis of the equation of fluid motion with a variable flow rate.

**Key words:** collecting perforated pipeline; velocities diagram; Boussinesq coefficient; Coriolis coefficient.

*Стаття надійшла до редакції 21.08.2021*