

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ НАПІРНИХ ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗМІННОГО ДІАМЕТРА ЗА НАЯВНОСТІ ТРАНЗИТНОЇ ВИТРАТИ

Олександр Кравчук¹, Андрій Кравчук²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітряних Сил, м. Київ, 03037, Україна

¹ канд. техн. наук, доцент, kravchuk.oa2@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-6578-8896

² докт. техн. наук, професор, kravchuk.am@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8732-9244

DOI: 10.32347/2524-0021.2026.53.49-55

Анотація. У представленій роботі розглянуто особливості руху рідини в напірному збірному дренажному трубопроводі змінного (зростаючого) за довжиною діаметра, який працює за наявності транзитної витрати. Вважається, що досліджуваний трубопровід прокладено горизонтально та за наявності горизонтального рівня ґрунтових вод. Також прийнято, що рідина з навколишнього ґрунту надходить до збірника через його бічну поверхню за всією довжиною, тобто приєднання рідини до основного потоку в трубі відбувається безперервно у фільтраційному режимі. Для опису зазначеного руху використано систему диференціальних рівнянь, яка складається з рівняння гідравліки змінної маси та модифікованого рівняння фільтрації. Загалом характер зміни величини діаметра за довжиною збірної дрени залежить від закону зміни приєднуваної витрати вздовж шляху. В даному випадку з метою опису закону зміни площі перерізу дрени (діаметра) застосовано варіант забезпечення постійної величини середньої швидкості в перерізах за довжиною дренажного трубопроводу. Під час аналізу вихідного диференціального рівняння руху рідини зі змінною витратою аргументовано прийнято, що втратами напорів, пов'язаними з ефектом приєднання рідини вздовж шляху у фільтраційному режимі і відносно великою довжиною трубопроводу, без суттєвої похибки можна знехтувати. Введено до розгляду поняття умовного нескінченно довгого напірного збірного дренажного трубопроводу, який також можна розглядати як трубопровід конкретної обмеженої довжини, але з нескінченною просякненістю бічних стінок. Особливістю роботи таких труб є те, що на їх початкових ділянках можна приймати перепад напорів, під дією якого відбувається втікання рідини з навколишнього простору в трубопровід, і, відповідно, надходження рідини у збірник близьким до нуля ($z_n \rightarrow 0$, $dQ/dx \rightarrow 0$). На основі проведеного аналізу отримано досить прості та зручні аналітичні залежності для розрахунку розглянутих трубопроводів.

Ключові слова: напірний збірний дренажний трубопровід, гідравлічний коефіцієнт тертя, змінна витрата, транзитна витрата, коефіцієнт фільтрації, фільтраційний опір.

ВСТУП

Збалансоване використання, збереження та відновлення водних ресурсів є важливою передумовою сталого розвитку сільського господарства, промисловості та урбанізованих територій, особливо в умовах кліматичних змін і зростання антропогенного навантаження. Для України це питання має особливе значення, оскільки ефективність використання значних площ сільськогосподарсь-

ких угідь безпосередньо залежить від надійності роботи меліоративних систем [1, 2]. Водночас застосування промислових і горизонтальних водозаборів сприяє підвищенню стійкості критичної інфраструктури завдяки поєднанню природних захисних і фільтрувальних властивостей ґрунту та конструктивних особливостей споруд [3-5]. Ефективність функціонування таких систем значною мірою визначається роботою їх основних

елементів – збірних дренажних трубопроводів.

Більшість існуючих дренажних трубопроводів в нашій країні спроектовані за застарілими підходами із застосуванням труб постійного діаметра, що призводить до нерівномірності гідравлічного режиму. На початкових ділянках це викликає замулення через низькі швидкості потоку, тоді як на кінцевих – зростання втрат напору через надмірні швидкості. У результаті знижується ефективність роботи систем і збільшуються експлуатаційні витрати.

Одним із перспективних напрямів є застосування збірних дренажних трубопроводів змінного діаметра, які дозволяють узгодити зміну витрати води вздовж колектора, забезпечити рівномірніший розподіл швидкостей і зменшити гідравлічні втрати [6, 7]. Проте, не зважаючи на наявність значної кількості наукових праць, присвячених аналізу роботи напірних дренажних трубопроводів [8-12], питання розрахунку збірних трубопроводів змінного перерізу, які працюють при наявності транзитної витрати, досі вивчене недостатньо.

У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення гідравлічних підходів до аналізу роботи напірних збірних дренажних трубопроводів змінного діаметра з урахуванням реальних умов експлуатації. Це дозволить підвищити точність розрахунків, обґрунтувати оптимальні параметри систем і забезпечити їх ефективну, надійну та енергоощадну роботу.

МЕТА І МЕТОДИ

Метою даної роботи є розробка методики розрахунку конструктивних характеристик напірних збірних дренажних трубопроводів змінного діаметра (такого, що збільшується), які працюють за наявності транзитної витрати.

Для досягнення мети використано методи математичного аналізу вихідних диференціальних рівнянь, що описують рух рідини зі змінною витратою вздовж шляху, зведених до безрозмірного вигляду.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Практика проектування та експлуатації збірних дренажних трубопроводів меліоративних систем і підземних водозаборів показала, що для збору і відведення рідини найчастіше використовуються труби постійного діаметра. Якщо система складається з кількох робочих ділянок, окремі з них можуть працювати в режимі пропуску транзитної витрати.

На нашу думку, головним критерієм вибору закону зміни (збільшення) діаметра напірного збірного дренажного трубопроводу вважається умова забезпечення постійної середньої швидкості руху потоку вздовж шляху. Очевидно, що характер зміни діаметра труби буде залежати від величини інтенсивності приєднання рідини на різних ділянках дренажного трубопроводу ($q = \frac{dQ}{dx} = V \frac{d\Omega}{dx}$).

Розглянемо випадок нерівномірної зміни зростаючої питомої витрати вздовж збірного трубопроводу. Схему роботи такого збірника наведено на рис. 1.

За умови забезпечення постійної величини середньої швидкості в перерізі, даний рух можна описати математичною моделлю, яка має вигляд [13, 14]:

$$\frac{dh}{dx} + \frac{2V}{g} \frac{dV}{dx} + \frac{\lambda_{30} V^2}{2gD} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{d(V\Omega)}{dx} = V \frac{d\Omega}{dx} = k_\phi \frac{H-h}{\Phi} = k_\phi \frac{z}{\Phi}, \quad (2)$$

де H_{PIB} – відстань від осі трубопроводу до рівня ґрунтових вод; h – змінний за довжиною п'єзометричний напір в трубі; $z = H - h$ – змінний за довжиною перепад напорів, який визначає інтенсивність втікання рідини в дренаж з навколишнього ґрунту; V – задана величина середньої швидкості в перерізі потоку на відстані x від початку труби; D , Ω – змінні за довжиною діаметр і площа перерізу труби; Φ – безрозмірний фільтраційний опір дрени (його визначення становить окрему фільтраційну задачу [15]);

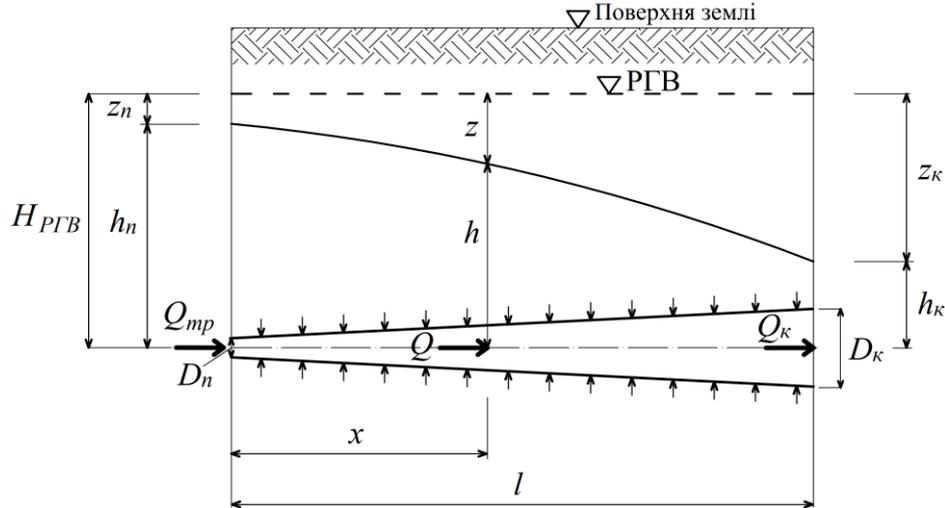


Рис. 1. Схема роботи напірного збірної дренажного трубопроводу змінного діаметра за наявності транзитної витрати

Fig. 1. Operation scheme of a variable-diameter pressure collecting drainage pipeline with transit flow

k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; $\lambda_{зб}$ – гідравлічний коефіцієнт тертя збірної дренажного трубопроводу [16]; g – прискорення вільного падіння.

За умови забезпечення постійної величини середньої швидкості в перерізі, даний рух можна описати математичною моделлю, яка має вигляд [13, 14]:

$$\frac{dh}{dx} + \frac{2V}{g} \frac{dV}{dx} + \frac{\lambda_{зб} V^2}{2gD} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{d(V\Omega)}{dx} = V \frac{d\Omega}{dx} = k_{\phi} \frac{H-h}{\bar{\Phi}} = k_{\phi} \frac{z}{\bar{\Phi}}, \quad (2)$$

де $H_{РГВ}$ – відстань від осі трубопроводу до рівня ґрунтових вод; h – змінний за довжиною п'єзометричний напір в трубі; $z = H - h$ – змінний за довжиною перепад напорів, який визначає інтенсивність втікання рідини в дренаж з навколишнього ґрунту; V – задана величина середньої швидкості в перерізі потоку на відстані x від початку труби; D, Ω – змінні за довжиною діаметр і площа перерізу труби; $\bar{\Phi}$ – безрозмірний фільтраційний опір дренажу (його визначення становить окрему фільтраційну задачу [15]); k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; $\lambda_{зб}$ – гідравлічний коефіцієнт тертя збірної дренажного трубопроводу [16]; g – прискорення вільного падіння.

Для подальшого аналізу введемо нові змінні:

$$\bar{x} = \frac{k_{\phi} x}{\Omega_k \bar{\Phi}} \sqrt{\frac{z_k}{g}}, \quad \bar{z} = \frac{z}{z_k}, \quad \bar{D} = \frac{D}{D_k}. \quad (3)$$

Легко показати, що

$$d\Omega = d\left(\frac{\pi D^2}{4}\right) = \frac{\pi}{2} \bar{D} d\bar{D}.$$

Позначимо $\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{gz_k}} = const$, тоді вихідна система рівнянь (1), (2), якщо знехтувати другим членом у рівнянні (1), набуде вигляду:

дана система рівнянь (1), (2), якщо знехтувати другим членом у рівнянні (1), набуде вигляду:

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} = \zeta_{l_{зб.к}} A_{зб} \bar{V}^2 \frac{1}{\bar{D}}; \quad (4)$$

$$2\bar{V} \bar{D} \frac{d\bar{D}}{d\bar{x}} = \bar{z}. \quad (5)$$

де $\zeta_{l_{зб.к}} = \lambda_{зб} \frac{l}{D_k}$ – коефіцієнт опору збірної дренажного трубопроводу, який розрахований за величиною діаметра в його кінцевому перерізі; $A_{зб} = \frac{1}{2\bar{x}_k} = \frac{\Omega_k \bar{\Phi}}{2k_{\phi} l} \sqrt{\frac{g}{z_k}}$ – узагальнений параметр збірної дренажу, який враховує її конструктивні та фільтраційні характеристики.

Підстановка \bar{D} з (5) у залежність (4) і розподіл змінних дає змогу отримати рівняння:

$$\bar{z}d\bar{z} = 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 d\bar{D}. \quad (6)$$

Згідно з [17] його розв'язок буде мати вигляд:

$$\frac{\bar{z}^2}{2} = 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 \bar{D} + C. \quad (7)$$

Константу інтегрування знаходимо з граничних умов на початку трубопроводу:

$$\bar{z} = \bar{z}_n; \bar{D} = \bar{D}_n \text{ і } C = \frac{\bar{z}_n^2}{2} - 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 \bar{D}_n.$$

Підстановка у (7) приводить до виразу:

$$\bar{z}^2 - \bar{z}_n^2 = 4\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 (\bar{D} - \bar{D}_n). \quad (8)$$

Для кінцевого перерізу залежність (8) запишеться наступним чином:

$$1 - \bar{z}_n^2 = 4\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 (1 - \bar{D}_n). \quad (9)$$

Для нескінченно довгого трубопроводу, за умови $l \rightarrow \infty$, $\bar{z}_n \rightarrow 0$, вираз (9) набуде вигляду:

$$1 = 4\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 (1 - \bar{D}_n), \quad (10)$$

звідки

$$\frac{1}{1 - \bar{D}_n} = 4\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3. \quad (11)$$

За відомої витрати в початковому перерізі $Q_{mp} = \frac{\pi D_n^2}{4} V$, заданій V , а також прийнятих змінних, з (11) отримаємо:

$$1 = 4\lambda \frac{l}{D_k} \cdot \frac{\pi D_k^2}{4} \cdot \frac{\bar{\Phi} \sqrt{g} V^3}{2k_\phi l \sqrt{z_k} g z_k \sqrt{g z_k}} \left(1 - \frac{D_n}{D_k}\right).$$

Із цього виразу, шляхом нескладних перетворень, отримаємо значення діаметра трубопроводу в кінцевому перерізі:

$$D_k = D_n + \frac{2k_\phi g z_k^2}{\lambda \pi \bar{\Phi} V^3}, \quad (12)$$

де D_n – діаметр в початковому перерізі збірного дренажного трубопроводу.

Звідси перепад напорів в кінцевому перерізі цієї труби буде складати:

$$z_k = \sqrt{\frac{\lambda \pi \bar{\Phi} V^3}{2k_\phi g} (D_k - D_n)}. \quad (13)$$

У залежності (7) в кінцевому перерізі граничні умови будуть: $\bar{z}_k = 1$; $\bar{D}_k = 1$. Тоді константа інтегрування складе:

$$C = \frac{1}{2} - 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3.$$

$$\frac{\bar{z}^2}{2} = 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3 \bar{D} + \frac{1}{2} - 2\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^3. \quad (14)$$

Звідки

$$\bar{z} = \sqrt{1 - \frac{1 - \bar{D}}{1 - \bar{D}_n}} \sqrt{\frac{\bar{D} - \bar{D}_n}{1 - \bar{D}_n}}. \quad (15)$$

З іншого боку, з (5) отримаємо:

$$\bar{z} = 2\bar{V} \frac{d\bar{D}}{d\bar{x}}. \quad (16)$$

Прирівнявши (15) і (16), після нескладних перетворень будемо мати:

$$\frac{\bar{D}}{\sqrt{\bar{D} - \bar{D}_n}} d\bar{D} = \frac{1}{2\bar{V} \sqrt{1 - \bar{D}_n}} d\bar{x}. \quad (17)$$

Інтегруючи (17), на початку трубопроводу маємо: $\bar{x}_n = 0$, $\bar{D} = \bar{D}_n$, $C = 0$. Тоді, шляхом певних перетворень, отримаємо:

$$\varphi^3 + 3\bar{D}_n \varphi - 3\zeta_{l_{3\phi,k}} A_{3\phi} \bar{V}^2 \bar{x} = 0, \quad (18)$$

де $\varphi = \sqrt{\bar{D} - \bar{D}_n}$, або

$$\varphi^3 + 3\bar{D}_n \varphi - \frac{3}{4\bar{V} \sqrt{1 - \bar{D}_n}} \bar{x} = 0. \quad (19)$$

Залежності (18) або (19) для визначення характеру зміни величини відносного діаметра за довжиною збірного трубопроводу за наявності транзитної витрати слід розв'язувати підбором.

Як приклад, на рис. 2 наведено характер зміни відносного діаметра (\bar{D}) за відсноною довжиною збірного трубопроводу (\bar{x}) при відносній середній швидкості руху рідини ($\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{g z_k}} = \frac{0,8}{\sqrt{9,81 \cdot 0,8}} \approx 0,285$).

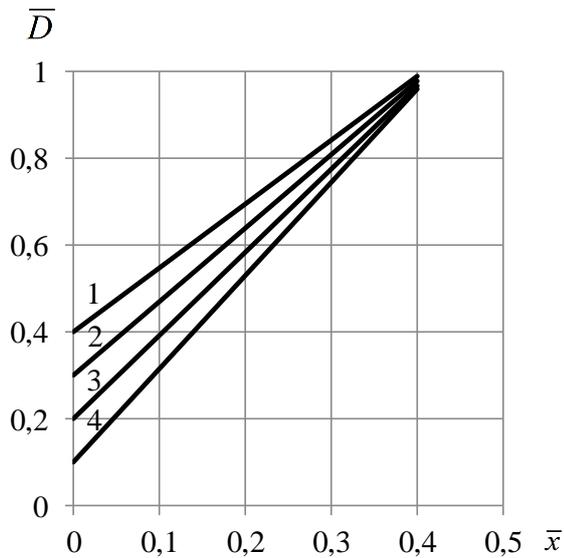


Рис. 2. Зміна відносного діаметра за відносною довжиною збірного трубопроводу при:
 1 – $\bar{D}_n = 0,1$; 2 – $\bar{D}_n = 0,2$;
 3 – $\bar{D}_n = 0,3$; 4 – $\bar{D}_n = 0,4$

Fig. 2. Variation of relative diameter with relative length of the collecting pipeline at:
 1 – $\bar{D}_n = 0,1$; 2 – $\bar{D}_n = 0,2$;
 3 – $\bar{D}_n = 0,3$; 4 – $\bar{D}_n = 0,4$

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У ході дослідження на основі аналізу диференційних рівнянь, які описують рух рідини у напірних збірних дренажних трубопроводах змінного (зростаючого) за довжиною перерізу за наявності транзитної витрати, розроблено досить просту та зручну у використанні методику розрахунку їх основних гідравлічних характеристик і конструктивних параметрів. Представлені відповідні розрахункові залежності і допоміжні графіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Балюк С., Ромащенко М., Трускавецький Р.** Проблеми екологічних ризиків та перспективи розвитку меліорації земель в Україні // Агрохімія і ґрунтознавство. 2018. Т. 87. С. 5-10.
2. **Ромащенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А., Вожегова Р.А., Жовтоног О.І., Рокочинський А.М., Тараріко Ю.О., Трускавецький Р.С.** Сталий розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату // Аграрні інновації. 2020. Вип. 3. С. 59-64.

3. **Lee S., Koo M. H.** A fully coupled numerical model for radial collector well intake simulation incorporating comprehensive head loss mechanisms // Water Resources Research. 2025. Vol. 61, No 12, e2025WR041402.
4. **Collins S., Houben G. J.** Horizontal and radial collector wells: simple tools for a complex problem // Hydrogeology Journal. 2020. Vol. 28. P. 1925-1935.
5. **Kravchuk O., Kravchuk A., Voznyi O.** Radial water intakes as a tool for enhancing the resilience of water supply systems in Ukraine // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact», Braga, Portugal, March 2-4, 2026. P. 297-299.
6. **Кравчук О., Кравчук А.** Розрахунок збірних дренажних трубопроводів змінного перерізу // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2025. Вип. 52. С. 39-45.
7. **Kravchuk O., Kravchuk O.** Determination of the optimal average fluid velocity in the sections of a variable-diameter collecting drainage pipeline // Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini. 2025. Vol. 106. P. 5-11.
8. **Телима С. В., Тугай Я. А., Олійник Е. О., Майстренко Г. В.** Існуючі математичні моделі і методи фільтраційного розрахунку променевих водозаборів і дренажів // Містобудування та територіальне планування. 2013. Вип. 47. С. 618-626.
9. **Bishnoi K., Kansal M. L., Mishra G.C.** Flow to a collector pipe laid under a stream bed // ISH Journal of Hydraulic Engineering. 2016. Vol. 22, No 1. P. 100-108.
10. **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.
11. **Wu Z., Guo C., Yang H., Li H., Wu J.** Experimentally based numerical simulation of the influence of the agricultural subsurface drainage pipe geometric structure on drainage flow // Agriculture. 2022. Vol. 12, No 12, 2174.
12. **Cherniuk V., Kravchuk O., Fasuliak V., Cherniuk M.** Improvement of modeling of laminar flows in pressure collector-pipelines // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. 2024. Vol. 120, No 2. P. 182-196.
13. **Кравчук А., Кравчук О.** Визначення ефективних конструктивних характеристик збірних дренажних трубопроводів меліоративних систем // Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. Вип. 13. С. 149-159.

14. **Кравчук А., Кравчук О.** Аналіз результатів розрахунку збірних дренажних трубопроводів при наявності транзитної витрати // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2021. Вип. 37. С. 42-46.
15. **Олейник А. Я., Поляков В. Л.** Дренаж переувлажненних земель. Київ: Наукова думка, 1987. 279 с.
16. **Kravchuk A., Cherniuk V., Kravchuk O., Airapetian T.** Assessing the value of the hydraulic friction factor in pipelines working with a flow connection along the path // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 5, No 7(119). P. 61-67.
17. **Двайт Г. Б.** Таблицы интегралов и другие математические формулы / Перевод с английского Н.В. Леви под редакцией К.А. Семендяева. Москва: Наука, 1977. 228 с.

REFERENCES

1. **Baliuk, S., Romashchenko, M., & Truskavetskyi, R. (2018).** Problems of environmental risks and perspectives of land reclamation in Ukraine. *AgroChemistry and Soil Science*, 87, 5-10. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.31073/acss87-01>
2. **Romashchenko, M. I., Baliuk, S. A., Verhunov, V. A., Vozhehova, R. A., Zhovtonoh, O. I., Rokochynskyi, A. M., Tarariko, Yu. O., & Truskavetskyi, R. S. (2020).** Sustainable development of land reclamation in Ukraine in the conditions of climate change. *Agrarian Innovations*, 3, 59-64. <https://doi.org/10.32848/agrar-innov.2020.3.10> [in Ukrainian]
3. **Lee, S., & Koo, M. H. (2025).** A fully coupled numerical model for radial collector well intake simulation incorporating comprehensive head loss mechanisms. *Water Resources Research*, 61(12), e2025WR041402. <https://doi.org/10.1029/2025WR041402>
4. **Collins, S., & Houben, G. J. (2020).** Horizontal and radial collector wells: simple tools for a complex problem. *Hydrogeology Journal*, 28, 1925-1935. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02120-2>
5. **Kravchuk, O., Kravchuk, A., & Voznyi, O. (2026).** Radial water intakes as a tool for enhancing the resilience of water supply systems in Ukraine. *Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact»*, Braga, Portugal, March 2-4, 2026, 297-299.
6. **Kravchuk, O., & Kravchuk, A. (2025).** Calculation of collecting drainage pipelines with variable cross-section. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 52, 39-45. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.52.39-45>
7. **Kravchuk, O., & Kravchuk, O. (2025).** Determination of the optimal average fluid velocity in the sections of a variable-diameter collecting drainage pipeline. *Girnichy, budivelni, dorozhni ya meliorativni mashini*, 106, 5-11. <https://doi.org/10.32347/gbdmm.2025.106.0101>
8. **Telyma, S. V., Tuhay, Ya. A., Oliynyk, E. O., & Maystrenko, H. V. (2013).** Isnuyuchi matematychni modeli i metody filtratsiynoho rozrakhunku promenyvykh vodozaboriv i drenazhiv. *Urban and Spatial Planing*, 47, 618-626. [in Ukrainian]
9. **Bishnoi, K., Kansal, M. L., & Mishra, G.C. (2016).** Flow to a collector pipe laid under a stream bed. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 22(1), 100-108. <https://doi.org/10.1080/09715010.2015.1088410>
10. **Kravchuk, A. M., Chernyshev, D. O., & Kravchuk, O. A. (2021).** *Hydraulics of pressure perforated pipelines of treatment facilities of water supply and water disposal systems: monograph*. Kyiv: KNUCA. 204. [in Ukrainian]
11. **Wu, Z., Guo, C., Yang, H., Li, H., & Wu, J. (2022).** Experimentally based numerical simulation of the influence of the agricultural subsurface drainage pipe geometric structure on drainage flow. *Agriculture*, 12(12), 2174. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122174>
12. **Cherniuk, V., Kravchuk, O., Fasuliak, V., & Cherniuk, M. (2024).** Improvement of modeling of laminar flows in pressure collector-pipelines. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 120(2), 182-196. <https://doi.org/10.37934/arfmts.120.2.182196>
13. **Kravchuk, A., & Kravchuk, O. (2023).** Determination of effective structural characteristics of collective drainage pipelines for meliorative systems. *Building Constructions. Theory and Practice*, 13, 149-159. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.149-159> [in Ukrainian]
14. **Kravchuk, A., & Kravchuk, O. (2021).** Analysis of the results of perforated drainage pipelines calculation in the presence of transit flow rate. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 37, 42-46. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.37.42-46> [in Ukrainian]
15. **Oleynik, O. Ya., & Poliakov, V. L. (1987).** *Drainage of wetlands*. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
16. **Kravchuk, A., Cherniuk, V., Kravchuk, O., & Airapetian, T. (2022).** Assessing the value of the hydraulic friction factor in pipelines working with a

flow connection along the path. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(7(119)), 61-67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265670>

17. **Dvayt, G. B. (1977).** *Tables of integrals and other mathematical formulas*. Translated from English by N. V. Levy, edited by K. A. Semendyaev. Moscow, USSA: Nauka. 228. [in Russian]

Operating features of a variable-diameter pressure collecting drainage pipeline with transit flow

Oleksandr Kravchuk, Andriy Kravchuk

Abstract. The presented work considers the fluid flow characteristics in a pressure collecting drainage pipeline with a variable (increasing) diameter along its length, operating under transit flow conditions. It is assumed that the pipeline is laid horizontally within a horizontal groundwater level. It is also accepted that fluid from the surrounding soil enters the collector through its lateral surface along its entire length; thus, the inflow to the main stream occurs continuously in a filtration regime. To describe this motion, a system of differential equations is used, consisting of the variable-mass hydraulics equation and a modified filtration equation. Generally, the nature of the diameter variation along the collecting drain depends on the law of inflow distribution along the path. In this case, to describe the variation of the cross-sectional area (diameter), a constant average velocity along the drainage pipeline is maintained. During the analysis of the initial differential equation for variable-flow motion, it is argued that head losses associated with the lateral inflow effect in the filtration regime, given the relatively large pipeline length, can be neglected without significant error. The concept of a quasi-infinite pressurized collector drainage pipeline is introduced, which can also be viewed as a pipeline of specific limited length but with infinite permeability of the lateral walls. A feature of such pipes is that at their initial sections, the head differential driving the inflow from the surrounding space, and consequently the inflow rate itself, can be assumed to be near zero ($z_m \rightarrow 0, dQ/dx \rightarrow 0$). Based on the conducted analysis, simple and convenient analytical dependencies have been derived for the calculation of the considered pipelines.

Keywords: collecting drainage pipeline, hydraulic friction factor, variable flow rate, transit rate, hydraulic conductivity, filtration resistance.

Дата першого надходження рукопису 07.03.2026

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування 19.03.2026

Дата публікації 31.03.2026