

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОХИЛУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІРНИХ ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Андрій Кравчук<sup>1</sup>, Олександр Кравчук<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>докт. техн. наук, [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>канд. техн. наук, [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: 10.32347/2524-0021.2022.40.26-30

**Анотація.** В даній роботі на основі отриманих нами раніше розв'язків системи диференціальних рівнянь, що описують рух рідини зі змінною витратою в напірних дренажних трубопроводах, які працюють при горизонтальному рівні поверхні ґрунтових вод, запропоновано методика оцінки впливу величини похибки, яка вноситься в розрахунки даних труб у випадку наявності похилу останнього. Аналіз представлено в безрозмірному вигляді. Вплив похилу РГВ на результати розрахунку оцінено за допомогою величини зміни відносної витрати в кінцевому перерізі збірника і узагальненого параметра збірної дрени  $A$ , який враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики. Отримані розрахункові формули досить прості і зручні у використанні. Запропонована методика дозволяє визначити межі, в яких можна користуватись для розрахунку дренажних трубопроводів спрощеними залежностями, які рекомендуються для застосування при горизонтальному рівні ґрунтових вод на майданчику меліорації. При цьому одразу визначається похибка, що вноситься в розрахунки в результаті прийнятого спрощення. Для ілюстрації отриманих залежностей в роботі приведені відповідні графіки.

**Ключові слова:** збірний дренажний трубопровід; гідравлічний коефіцієнт тертя; коефіцієнт фільтрації; фільтраційний опір; рівень ґрунтових вод; змінна витрата рідини.

### ВСТУП

Як відомо, для зниження рівня ґрунтових вод у встановлений термін і створення оптимального вологісного режиму ґрунту для вирощування сільськогосподарської продукції застосовується система меліоративних заходів [1-4]. Головним елементом такої системи є мережа дренажних трубопроводів, в тому складі тих, що працюють в напірному режимі. При цьому, в залежності від місцевих умов, рівень ґрунтових вод може бути як горизонтальним, так і мати певний похил вільної поверхні. Розробці напірних дренажних трубопроводів, які працюють при горизонтальному рівні ґрунтових вод (РГВ) присвячено досить велику

кількість теоретичних і експериментальних робіт [5-8]. Розрахунку ж даних трубопроводів, що працюють при наявності похилу РГВ, з нашої точки зору, приділено недостатньо уваги.

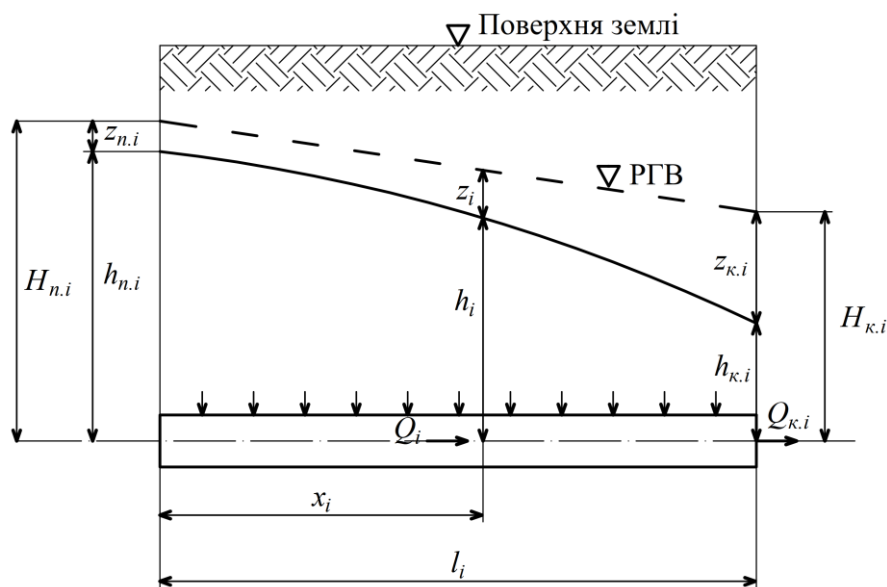
### МЕТА І МЕТОДИ

Метою даної роботи є визначення умов, при яких у випадку наявності похилу РГВ, можна користуватись методикою для розрахунку основних гідравлічних характеристик напірних збірних дренажних трубопроводів при його відсутності. Важливим результатом даної роботи є визначення величини похибки, яка виникає такому випадку.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Схема роботи напірного збірного дренажного трубопроводу при наявності

похилу поверхні ґрунтових вод приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема роботи горизонтального збірного дренажного трубопроводу при наявності похилу РГВ

**Fig. 1.** Scheme of the horizontal collecting drainage pipeline operation in the presence of the ground water level slope

Розрахунок параметрів збірних дренажних труб, які прокладені в таких умовах, значно складніший у порівнянні з розрахунком труб, що працюють при горизонтальному рівні ґрунтових вод. Однак, коли похил РГВ незначний за величиною, його впливом на параметри потоку в дрени можна знехтувати [9]. При цьому об'єм необхідних розрахунків суттєво зменшується в порівнянні з розрахунком трубопроводів, які працюють при наявності похилу поверхні ґрунтових вод, прокладені з похилом.

Безумовно, при такому спрощенні в розрахунки вноситься певна похибка, величину якої звичайно необхідно оцінювати. Нижче пропонується методика за якою можна оцінити її величину.

За критерій оцінки приймемо величину витрати в кінцевому перерізі збірного напірного трубопроводу. При цьому максимальне значення похилу поверхні РГВ при якому, не перевищуючи задану допустиму похибку  $\delta$  у визначенні кінцевої витрати, труби можна розраховувати,

як горизонтальні, будемо називати граничним похилом  $I_{cp}$ .

При значеннях реального похилу, що перевищує граничний ( $I > I_{cp}$ ), труби слід відносити до похильних, для яких нехтуванням впливу похилу на гідродинамічні характеристики потоку в дрени неприпустимо. При  $I \leq I_{cp}$  – труби будемо відносити до малопохильних або горизонтальних, для яких впливом похилу можна знехтувати.

Прийmemo, що для дренажного трубопроводу впливом похилу можна знехтувати, якщо виконується умова

$$Q_{к,i} \leq Q_{к} (1 - \delta), \quad (1)$$

де  $Q_{к,i}$  – витрата в кінці збірного дренажного трубопроводу, який працює при наявності похилу РГВ;  $Q_{к}$  – те ж саме для збірного дренажного трубопроводу при горизонтальному рівні поверхні ґрунтових вод;  $\delta$  – задана допустима величина похибки (долі одиниці), якою можна знехтувати при визначенні витрати в кінцевому перерізі збірника, що працює при наявності похилу поверхні РГВ, у

порівнянні з випадком, коли він буде горизонтальним.

Використавши підстановку  $\bar{Q} = \bar{V} = \frac{Q}{\Omega\sqrt{2gz_k}}$ , залежність (1) в безрозмірному вигляді буде

$$\bar{V}_{\kappa.i} \leq \bar{V}_{\kappa}(1-\delta). \quad (2)$$

де  $Q$  і  $V$  – витрата і середня швидкість руху води в довільному перерізі труби;  $\Omega$  – площа відповідного поперечного перерізу труби.

Величину  $\bar{V}_{\kappa.i}$  в співвідношенні (2) також можна трактувати як максимально можливу відносну швидкість, яка може бути в кінцевому перерізі нескінченно довгого дренажного трубопроводу при наявності похилу РГВ ( $I \neq 0$ ).

Звідси, величину допустимої похибки в безрозмірному вигляді отримаємо:

$$\delta \leq 1 - \frac{\bar{V}_{\kappa.i}}{\bar{V}_{\kappa}}. \quad (3)$$

Величину відносної швидкості в кінцевому перерізі збірника при наявності похилу РГВ можна визначити з кубічного рівняння виду, отриманого в роботі [10]

$$\frac{2\zeta_{l_{3\delta}} A}{3} \bar{V}_{\kappa.i}^3 \mp 2B\bar{V}_{\kappa.i} = 1. \quad (4)$$

Величина відносної швидкості в кінці дренажного трубопроводу у випадку горизонтального РГВ при цьому визначається із співвідношення:

$$\frac{2\zeta_{l_{3\delta}} A}{3} \bar{V}_{\kappa}^3 = 1, \quad (5)$$

Підставивши (5) в (4) отримаємо:

$$\frac{2\zeta_{l_{3\delta}} A}{3} \bar{V}_{\kappa.i}^3 \mp 2B\bar{V}_{\kappa.i} - \frac{2\zeta_{l_{3\delta}} A}{3} \bar{V}_{\kappa}^3 = 0, \quad (6)$$

В залежності (6) здійснимо заміну (2), і розділимо всі члени на  $\frac{2\zeta_{l_{3\delta}} A}{3} \bar{V}_{\kappa}^3$

$$(1-\delta)^3 \mp \frac{3B}{\zeta_l A \bar{V}_{\kappa}^2} (1-\delta) - 1 = 0. \quad (7)$$

Залежність (7) після нескладних перетворень можна представити у вигляді

$$\frac{1-(1-\delta)^3}{1-\delta} = \pm \frac{3B}{\zeta_l A \bar{V}_{\kappa}^2}, \quad (8)$$

де  $B = \frac{I_{ep} l A}{z_k}$ ;  $\zeta_l = \frac{\lambda l}{D}$ ;  $A = \frac{\Omega \Phi}{k_{\phi} l} \sqrt{\frac{2g}{z_k}}$ ;

$$\bar{V}_{\kappa} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_l A}}.$$

Враховуючи останні співвідношення величину граничного похилу  $I_{ep}$  можна розрахувати за залежністю:

$$I_{ep} = \pm \frac{1-(1-\delta)^3}{1-\delta} E, \quad (9)$$

де  $E = \frac{z_k}{2A\bar{V}_{\kappa}}$ .

Таким чином, при

$$I \leq I_{ep} = \left| \frac{1-(1-\delta)^3}{1-\delta} E \right| \quad (10)$$

впливом похилу рівня поверхні ґрунтових вод (в межах прийнятої похибки  $\delta$ ) на характеристики роботи збірного дренажного трубопроводу можна знехтувати.

І навпаки, при

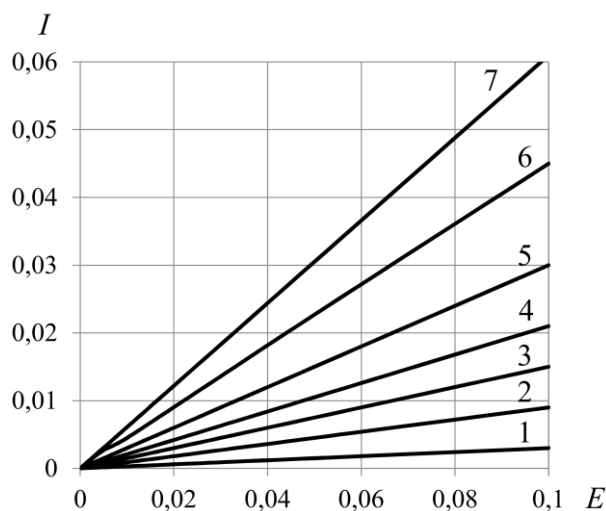
$$I > I_{ep} = \left| \frac{1-(1-\delta)^3}{1-\delta} E \right| \quad (11)$$

похил треба враховувати.

На рис. 2 приведені відповідні графічні інтерпретації умов (10) і (11). На ньому по осі абсцис відкладена величина параметру  $E$ , який враховує гідравлічні і фільтраційні характеристики дрени, а також похил рівня поверхні ґрунтових вод.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі на основі проведеного аналізу диференціальних рівнянь, що описують рух рідини в напірних збірних дренажних трубопроводах, які працюють при наявності похилу рівня ґрунтових вод,



**Рис. 2.** Графік для визначення граничної величини похилу (10), (11): 1 –  $\delta = 0,01$ ; 2 –  $\delta = 0,03$ ; 3 –  $\delta = 0,05$ ; 4 –  $\delta = 0,07$ ; 5 –  $\delta = 0,1$ ; 6 –  $\delta = 0,15$ ; 7 –  $\delta = 0,2$

**Fig. 2.** Graph for determining the limit slope value (10), (11): 1 –  $\delta = 0,01$ ; 2 –  $\delta = 0,03$ ; 3 –  $\delta = 0,05$ ; 4 –  $\delta = 0,07$ ; 5 –  $\delta = 0,1$ ; 6 –  $\delta = 0,15$ ; 7 –  $\delta = 0,2$

розроблено методику визначення величини похибки, яка виникає при розрахунку витрати в кінцевому перерізі, в порівнянні з результатами отриманими за спрощеною методикою. Для оцінки отриманих результатів приведено відповідні графіки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Олейник А. Я., Поляков В. Л. Дренаж пересушлих земель. К.: Наукова думка, 1987. 279 с.
2. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The evolution of agricultural drainage from the earliest times to the present // *Sustainability*. 2020. No 12 (1), 416.
3. Schultz B., De Wrachien D. Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century // *Irrigation and Drainage*. 2002. Vol. 51, No 4. P. 311-327.
4. Турченко В. О., Рокочинський А. М., Вовк П. П., Приходько Н. В., Ричко Д. М. Комплекс заходів з підвищення ефективності функціонування рисових зрошувальних систем // Вісник НУВГП. Серія «Технічні науки». 2018. Т. 4, № 84. С. 3-21.

5. Дмитриев А. Ф., Безусьяк А. В., Хлапук Н. Н. Совершенствование осушительно-увлажнительных систем. Львів: Світ, 1992. 175 с.
6. Кравчук А. М., Кравчук О. А. Аналіз результатів розрахунку збірних дренажних трубопроводів при наявності транзитної витрати // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. 2021. Вип. 37. С. 11-17.
7. 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. Vol. 6, No 7 (114). P. 93-103.
8. Кравчук О. А. До гідралічного розрахунку напірних дренажних трубопроводів, які працюють в режимі роздачі // Комунальне господарство міст. 2021. Вип. 163. С. 68-74.
9. Майборода В. О. Гидравлический расчет дрен и коллекторов закрытых осушительно-увлажнительных систем // *Гидравлика и гидротехника*. 1985. Вып. 41. С. 16-19.
10. Kravchuk O. A. Particularities of hydraulic calculation of collecting pressure drainage pipelines // *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2021. No. 83. P. 130-138.

#### REFERENCES

1. Oleynik, O. Ya. & Poliakov, V. L. (1987). *Drainage of wetlands*. Kiev, USSA: Naukova dumka, 279. [in Russian]
2. Valipour, M., Krasilnikof, J., Yannopoulos, S., Kumar, R., Deng, J., Roccaro, P., Mays, L., Grismer, M. E. & Angelakis, A. N. (2020). The evolution of agricultural drainage from the earliest times to the present. *Sustainability*, 12(1), 416. <https://doi.org/10.3390/su12010416>
3. Schultz, B. & De Wrachien, D. (2002). Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century. *Irrigation and Drainage*, 51(4). 311-327. <https://doi.org/10.1002/ird.67>
4. Turcheniuk, V. O., Rokochynskyi, A. M., Volk, P. P., Prykhodko, N. V. & Rychko, D. M. (2019). Complex of measures to improve the efficiency of functioning of figured extractive systems. *Bulletin of NUWEE. Technical Sciences*, 4(84). 3-21. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.31713/vt420181>
5. Dmitriev, A. F., Bezusyak, A. V. & Khlapuk, N. N. (1992). *Improvement of drying and moisturizing systems*. Lviv, Ukraine: Svit, 175. [in Russian]

6. **Kravchuk, A. M. & Kravchuk, O. A. (2021).** Analysis of the results of perforated drainage pipelines calculation in the presence of transit flow rate. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 37, 42-46. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.37.42-46>

7. **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>

8. **Kravchuk, O. (2021).** To the hydraulic calculation of pressure drainage pipelines, operating in distribution regime. *Municipal Economy of Cities*, 3(163). 68-74. [in Ukrainian]

<https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-3-163-68-74>

9. **Mayboroda, V. O. (1985).** Hydraulic calculation of drains and collectors of closed drainage and humidification systems. *Hydraulics and Hydrotechnics*, 41. 16-19. [in Russian]

10. **Kravchuk, O. A. (2021).** Particularities of hydraulic calculation of collecting pressure drainage pipelines. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 83. 130-138.

<https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-83-130-138>

### Assessment of the slope influence on the pressure collecting drainage pipelines characteristics

*Andriy Kravchuk, Oleksandr Kravchuk*

**Abstract.** A methodology for assessing the influence of the error value, which is included in the calculations of pressure drainage pipelines in the case of a groundwater surface slope, is proposed in the paper. It is based on the previously obtained solutions of the system of differential equations describing the liquid movement with variable flow rate in pressure drainage pipelines that operate at the horizontal level of the groundwater surface. The analysis is presented in dimensionless form. The influence of the groundwater level slope on the calculation results is estimated using the value of the relative flow variation in the end section of the collector and the generalized parameter of the collector drain  $A$ , which takes into account its design and filtration characteristics. The obtained calculation formulas are quite simple and easy to use. The proposed method allows to determine the limits within which simplified dependencies for the calculation of drainage pipelines can be used, which are recommended for use at the horizontal groundwater level on the land reclamation site. At the same time, the error introduced into the calculations as a result of the adopted simplification is immediately determined. Corresponding graphs are presented in the paper to illustrate the obtained dependencies.

**Keywords:** collecting drainage pipeline; hydraulic friction factor; hydraulic conductivity; filtration resistance; groundwater level; variable flow rate.

*Стаття надійшла до редакції 15.08.2022*