

## РОЗРАХУНОК ВЕЛИЧИНИ ЕФЕКТИВНОГО ДІАМЕТРА ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

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

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*<sup>1</sup>kravchuk.oa2@knuba.edu.ua, <sup>2</sup>kravchuk.am@knuba.edu.ua*

Дренажні системи все більше використовуються в сільському господарстві при вирощуванні різних видів рослин [1]. Одним з головних елементів розглядуваних систем є збірні дренажні трубопроводи, які забезпечують необхідну (ефективну) інтенсивність відведення води з земельного майданчика, що є необхідною умовою створення технологічно заданого вологісного режиму в ґрунті [2].

Як відомо, мінімально допустима технологічна норма водовідведення від одиниці площі земельної ділянки залежить від виду вирощуваної сільськогосподарської продукції, вологісного режиму в ґрунті, і може бути визначена за залежністю [3]:

$$q_{\min} = \left( \frac{dQ}{dx} \right)_{\min} = q_m E = 116 \varepsilon E, \quad (1)$$

де  $q_m$  (л/(с·га)) – модуль дренажного стоку;  $\varepsilon$  (м/доб) – інтенсивність інфільтраційного живлення;  $E$  (м) – відстань між дренажними трубами.

В багатьох роботах [4, 5] показано, що при описанні руху рідини в збірних перфорованих дренажних трубопроводах зазвичай використовувалась система диференціальних рівнянь, яка складається з рівняння руху рідини зі змінною витратою (2) і модифікованого рівняння фільтрації (3):

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

$$q = \frac{dQ}{dx} = \frac{d(V\Omega)}{dx} = \frac{k_\phi (H - h)}{\bar{\Phi}} = k_\phi \frac{z}{\bar{\Phi}}, \quad (3)$$

де  $H$  – глибина занурення осі трубопроводу від рівня ґрунтових вод;  $h$  – п'єзометричний напір в трубі;  $z=H-h$  – змінний за довжиною перепад напорів, під дією якого відбувається втікання рідини з навколишнього середовища в трубопровід;  $Q$ ,  $V$ ,  $D$ ,  $\Omega$  – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа живого перерізу потоку на відстані  $x$  від початку труби;  $\bar{\Phi}$  – безрозмірний фільтраційний опір дрени (його визначення представляє окрему фільтраційну задачу [6]);  $k_\phi$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби;  $\lambda_{зб}$  – гідравлічний коефіцієнт тертя збірного дренажного трубопроводу;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Для подальшого аналізу використаємо нові безрозмірні змінні:

$$\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{gz_\kappa}}, \quad \bar{x} = \frac{k_\phi x}{\Omega \bar{\Phi}} \sqrt{\frac{z_\kappa}{g}}, \quad \bar{z} = \frac{z}{z_\kappa}, \quad (4)$$

Введемо до розгляду поняття ефективних конструктивних характеристик збірних дренажних трубопроводів. Під останніми будемо розуміти параметри дренажного трубопроводу, які будуть забезпечувати надходження в дренаж мінімально допустимої витрати. Для можливості їх аналітичного визначення виразимо в нових безрозмірних змінних (4) мінімально допустиму зміну відносної швидкості частини потоку рідини (1), яка може надійти в збірник на одиниці його відносної довжини:

$$\bar{q}_{\min} = \left( \frac{d\bar{Q}}{d\bar{x}} \right)_{\min} = \left( \frac{d\bar{V}}{d\bar{x}} \right)_{\min} = \bar{z}_{n.eф}, \quad (5)$$

де  $\bar{Q} = \frac{Q}{\Omega \sqrt{gz_{\kappa}}} = \bar{V}$  – відносна витрата рідини, яка чисельно дорівнює відносній швидкості в довільному перерізі дрени;  $\bar{z}_{n.eф}$  – мінімально допустиме (ефективне) значення відносного перепаду напору в початковому перерізі труби, яке забезпечує необхідну інтенсивність зниження рівня ґрунтових вод.

Зазвичай, при проектуванні дренажних систем на сільськогосподарських ділянках, довжини останніх, матеріал і фільтраційні характеристики ґрунту і стінок дренажних труб є відомими. Таким чином в результаті розрахунків зазвичай визначаються ефективний діаметр дренажних труб  $D_{eф}$  і відстань між дренами  $E$ .

В результаті розв'язку системи рівнянь (2), (3), за умови нехтування другим членом в рівнянні (2) в зв'язку з його незначним впливом [7], мінімально допустиме (ефективне) значення відносного перепаду напору в початковому перерізі труби ( $\bar{z}_{n.eф}$ ), яке забезпечує надходження в дренаж заданої витрати води, можна визначати за залежністю:

$$\bar{z}_{n.eф} = \frac{1}{\left[ 1 + \frac{1}{4A_{eф}\bar{V}_{\kappa.\infty}} \right]^3}. \quad (6)$$

Звідси ефективне значення узагальненого параметра  $A_{eф}$  буде дорівнювати:

$$A_{eф} = \frac{1}{4\bar{V}_{\kappa.\infty}} \left( \frac{1}{\sqrt[3]{\bar{z}_{n.eф}}} - 1 \right). \quad (7)$$

В приведених залежностях параметр  $\bar{V}_{\kappa.\infty}$  представляє собою відносну швидкість руху рідини в кінцевому перерізі трубопроводу нескінченної довжини. Його також можна трактувати як відносну швидкість в кінцевому перерізі трубопроводу обмеженої довжини, але з нескінченною величиною фільтруючою спроможністю його бічних стінок. Даний параметр рекомендується розраховувати за залежністю:

$$\bar{V}_{к.∞} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{l_{зб}} A_{эф}}} = \sqrt[3]{\frac{12k_{\phi}}{\lambda_{зб}\pi D\Phi}} \sqrt{\frac{z_{к.эф}}{g}}, \quad (8)$$

де  $\zeta_{l_{зб}} = \lambda_{зб} \frac{l}{D}$  – коефіцієнт опору збірного дренажного трубопроводу.

З (7) ефективний діаметр збірного дренажного трубопроводу ( $D_{эф}$ , м) буде становити:

$$D_{эф} = \sqrt[5]{\frac{2\lambda_{зб}k_{\phi}^2z_{к}l^3}{3g\pi^2\Phi^2\left(\sqrt[3]{\frac{k_{\phi}z_{к}}{q_m\Phi E}} - 1\right)^3}}. \quad (9)$$

Отримана розрахункова формула для визначення ефективного діаметру збірних дренажних трубопроводів є досить проста і зручна у використанні. Вона буде корисною при проектуванні реальних систем.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. De Wrachien D., Schultz B., Goli M. B. Impacts of population growth and climate change on food production and irrigation and drainage needs: A world-wide view // Irrigation and Drainage. 2021. Vol. 70, No 5. P. 981-995. <https://doi.org/10.1002/ird.2597>
2. Clemmens A. J., Molden D. J. Water uses and productivity of irrigation systems // Irrigation Science. 2007. Vol. 25. P. 247-261. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0067-y>
3. Kravchuk A., Cherniuk V., Kochetov G., Kravchuk O., Airapetian T. Determination of the particularities of the hydraulic friction factor variation of collecting drainage pipelines // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 6, No 7 (126). P. 33-38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292258>
4. Кравчук А., Кравчук О., Возний О., Кравчук О. Особливості роботи збірних трубопроводів при наявності транзиту і похилу рівня ґрунтових вод // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2024. Вип. 48. С. 26-32. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.48.26-32>
5. Кравчук А., Кравчук О., Ломако А., Кравчук О. Зміна параметрів збірних дренажних трубопроводів при пропуску транзитної витрати // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2022. Вип. 41, С. 52-58. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.52-58>
6. Олейник А. Я., Поляков В. Л. Дренаж переувлажненных земель. К.: Наукова думка, 1987. 279 с.
7. Кравчук А., Кравчук О. Визначення ефективних конструктивних характеристик збірних дренажних трубопроводів меліоративних систем // Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. Вип. 13. С. 149-159. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.149-159>