

## **Визначення ефективного діаметра розподільчих дренажних трубопроводів меліоративних систем**

### **Determination of the effective diameter of distribution drainage pipelines of reclamation systems**

**О.А. Кравчук, к.т.н., доцент, О.Т. Возний, студент, (Київський національний університет будівництва і архітектури)**

**O.A. Kravchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O.T. Voznyi, student, (Kyiv National University of Construction and Architecture)**

*На базі проведеного аналізу вихідних рівнянь, які описують рух рідини в напірних горизонтальних розподільчих дренажних трубопроводах, що працюють в режимі розподілу рідини за своєю довжиною, запропоновані оригінальні розрахункові залежності для визначення ефективних значень діаметрів розглядуваних трубопроводів.*

*Based on the analysis of the initial equations describing the fluid flow in pressure horizontal distribution drainage pipelines operating in the mode of fluid distribution along their length, original computational dependencies have been proposed for determining the effective diameter values of the considered pipelines.*

Напірні розподільчі дренажні трубопроводи є одним із основних конструктивних елементів меліоративних систем [1]. При їх проектуванні, як правило, довжина сільськогосподарських ділянок відома. В такому випадку, при відомих фільтраційних характеристиках навколишнього ґрунту і матеріалу стінок трубопроводу, розрахунку підлягають діаметр трубопроводу і необхідний напір в його початковому перерізі.

Під ефективною величиною діаметра розподільчого дренажного трубопроводу в даній роботі розуміють діаметр, при якому буде забезпечуватись технологічно заданий вологісний режим в ґрунті для вирощування сільськогосподарської продукції.

Як відомо, інтенсивність підводу води до меліоративної ділянки, виражається через модуль подачі  $q_m$  (л/с-га), який представляє собою витрату води, що подається на один гектар площі за одиницю часу.

Мінімально необхідна витрата води, що розподіляється через одиницю довжини труби, при якій будуть забезпечені необхідні вологісні умови в навколишньому ґрунті, може бути визначена за залежністю [2]:

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

де  $E$  – відстань між дренами.

Тобто розподільчі трубопроводи повинні бути запроектовані таким чином, щоб за всю їх довжиною забезпечувалась роздача витрати води на одиницю довжини труби не менше ніж  $q_{\min}$ .

Для визначення ефективних конструктивних характеристик даних труб проаналізуємо математичну модель, за допомогою якої описують рух рідини в розподільних каналах, а саме системи з двох диференціальних рівнянь [3]: рівняння руху рідини зі змінною витратою (2) і модифікованого рівняння фільтрації води через бічну стінку (3)

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

$$\frac{dQ}{dx} = -k_\phi \frac{h}{\Phi}, \quad (3)$$

де  $h$  – змінний за довжиною п'єзометричний напір в трубі, під дією якого відбувається витікання рідини з трубопроводу в навколишнє середовище;  $Q, V, D, \Omega$  – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа живого перерізу потоку на відстані  $x$  від початку труби;  $\bar{\Phi}$  – безрозмірний фільтраційний опір дрени;  $k_\phi$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби;  $\lambda_p$  – гідравлічний коефіцієнт тертя розподільчого дренажного трубопроводу;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Для подальшого аналізу використаємо нові безрозмірні змінні:

$$\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{gh_n}}, \quad \bar{x} = \frac{k_\phi x}{\Omega \bar{\Phi}} \sqrt{\frac{h_n}{g}}, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_n}. \quad (4)$$

З урахуванням цього мінімально необхідна витрата (1) буде дорівнювати:

$$\bar{q}_{\min} = -\left(\frac{d\bar{Q}}{d\bar{x}}\right)_{\min} = \left(\frac{d\bar{V}}{d\bar{x}}\right)_{\min} = \bar{h}_\kappa, \quad (5)$$

де  $\bar{h}_\kappa$  – мінімально допустиме (ефективне) значення відносного напору в кінцевому перерізі труби, яке можна визначити за залежністю, одержаною в результаті розв'язку системи рівнянь (2), (3), який приведено в [4]:

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

Звідси ефективне значення узагальненого параметра  $A_{ef}$  буде:

$$A_{ef} = \frac{1}{4\bar{V}_{n.\infty}} \left( \frac{1}{\sqrt[3]{h_{к.еф}}} - 1 \right). \quad (7)$$

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

$$\bar{V}_{n.\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp} A_{ef}}} = \sqrt[3]{\frac{12k_{\phi}}{\lambda_p \pi D \Phi}} \sqrt{\frac{h_n}{g}}, \quad (8)$$

де  $\zeta_{lp}$  – коефіцієнт опору збірному дренажному трубопроводу.

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

$$D_{ef} = \sqrt[5]{\frac{2\lambda_p k_{\phi}^2 h_n l^3}{3g\pi^2 \Phi^2 \left( \sqrt[3]{\frac{k_{\phi} h_n}{q_m \Phi E}} - 1 \right)^3}}. \quad (9)$$

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

1. Clemmens, A. J., Molden, D. J. (2007). Water uses and productivity of irrigation systems. *Irrigation Science*, vol. 25, 247-261. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0067-y>

2. Kravchuk, A., Kravchuk, O., Velychko, S., Airapetian, T. (2024). Calculation of effective parameters of distribution drainage pipelines. *Proceedings of EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 604, 331-340. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_29)

3. Кравчук, А., Кравчук, О., Чабанюк, Р., Кравчук, О. (2024). Визначення характеру зміни діаметра розподільчого дренажного трубопроводу вздовж шляху. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*, 46, 14-19. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.46.14-19>

4. Кравчук, О.А. (2021). До гідралічного розрахунку напірних дренажних трубопроводів, які працюють в режимі роздачі. *Комунальне господарство міст*, 3(163), 68-74. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-3-163-68-74>