

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬЧИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗМІННОГО ДІАМЕТРУ

*Кравчук Андрій Михайлович¹, Кравчук Олександр Андрійович²,
Барладіна Вероніка Андріївна³, Возний Олександр Тарасович⁴*
Київський національний університет будівництва і архітектури
*¹kravchuk.am@knuba.edu.ua, ²kravchuk.oa2@knuba.edu.ua,
³barladina_va@knuba.edu.ua, ⁴vozniy_ot@knuba.edu.ua*

Розподільчі дренажні трубопроводи є одним із ключових елементів зрошувальних систем. Вони відіграють основну роль у забезпеченні подачі необхідних об'ємів води і підтримання оптимального вологісного режиму в ґрунті для сільськогосподарських угідь [1].

Одним із варіантів вдосконалення конструкції та методики розрахунку розподільчих дренажних трубопроводів є застосування труб змінного діаметра вздовж шляху. Проте, незважаючи на велику кількість робіт з даної тематики [2, 3], саме це питання вивчено ще недостатньо. Детальне дослідження цієї проблеми дозволить розробити оптимальні рішення для будівництва та експлуатації меліоративних систем, забезпечити стійкість та надійність їх роботи в умовах постійної зміни ґрунтових умов.

Схема роботи розподільчого дренажного трубопроводу зі змінною за довжиною (такою, що зменшується) площею поперечного перерізу приведена на рис. 1.

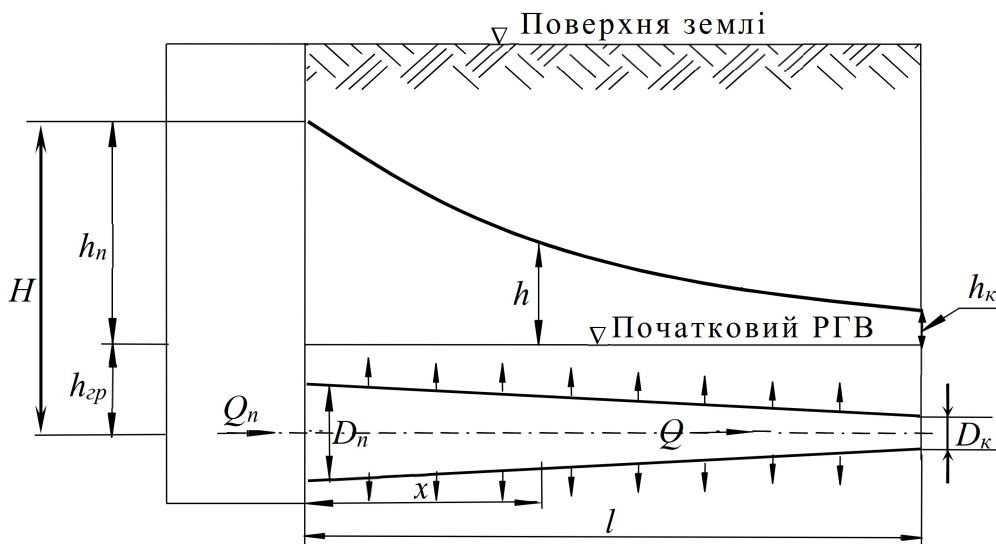


Рис. 1. Схема роботи розподільчого дренажного трубопроводу змінного діаметра

В принципі, можна задатися яким завгодно законом зміни площі перерізу труби за довжиною напірного розподільника. Найбільш аргументованим, з нашої точки зору, буде зміна перерізу за залежністю, при якій бу-

де забезпечуватись постійна, економічно найвигідніша, середня швидкість руху рідини вздовж каналу. Тобто, за довжиною труби повинна виконуватись умова $V=\text{const}$.

Як відомо, рух рідини в напірному розподільчому дренажному трубопроводі описується системою диференціальних рівнянь [4], яка складається з рівняння гідравліки змінної маси (1) і рівняння нерозривності потоку, що враховує умови витікання рідини з трубопроводу (2):

$$\frac{dh}{dx} + \frac{V}{g} \frac{dV}{dx} + \frac{V}{g\Omega} \frac{dQ}{dx} + \frac{\lambda_p V^2}{2gD} = 0 \quad (1)$$

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

де H – повний напір води в трубі; h_{zp} – глибина занурення осі труби від початкового рівня ґрунтових вод; $h=H-h_{zp}$ – змінний за довжиною напір, під дією якого відбувається витікання рідини з труби в навколишнє середовище; Q , V – відповідно, витрата і середня швидкість в перерізі потоку на відстані x від початку труби; D , Ω – змінні за довжиною діаметр і площа перерізу труби; Φ – фільтраційний опір дрени; k_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; λ_p – гідравлічний коефіцієнт тертя розподільчого дренажного трубопроводу; g – прискорення вільного падіння.

Шляхом введення нових безрозмірних змінних

$$\bar{x} = \frac{k_\phi x}{\Omega_n \Phi} \sqrt{\frac{h_n}{g}}, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_n}, \quad \bar{D} = \frac{D}{D_n}, \quad (3),$$

а також нехтуванні втратами напору, які пов'язані з ефектом зміни витрати вздовж шляху, вихідна система рівнянь (1), (2) зводиться до вигляду:

$$\frac{d\bar{h}}{d\bar{x}} = -\zeta_{l_{p,n}} A \bar{V}^2 \frac{1}{\bar{D}} \quad (4)$$

$$2\bar{V}\bar{D} \frac{d\bar{D}}{d\bar{x}} = -\bar{h}, \quad (5)$$

де $\zeta_{l_{p,n}} = \lambda_p \frac{l}{D_n}$ – коефіцієнт опору розподільника, підрахований за вели-

чиною діаметра в його початковому перерізі; $A = \frac{1}{2\bar{x}_k} = \frac{\Omega_n \Phi}{2k_\phi l} \sqrt{\frac{g}{h_n}}$ – узага-

льнений параметр розподільчої дрени, який враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики; h_n , D_n , Ω_n – відповідно напір, діаметр і площа перерізу труби в початковому перерізі.

В результаті розв'язку системи рівнянь (4), (5) отримано аналітичну залежність, яка описує закон зміни відносного діаметра за довжиною розподільчого дренажного трубопроводу в безрозмірній формі:

$$\bar{D} = \sqrt[3]{\left[\frac{3}{2} \zeta_{l_{p,n}} \bar{V}^2 (1 - 2A\bar{x}) \right]^2}. \quad (6)$$

При цьому зміна відносної п'єзометричної лінії має вигляд:

$$\bar{h} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \zeta_{l_{p,n}} \bar{V}^2 (1 - 2A\bar{x})}. \quad (7)$$

В розмірних одиницях діаметр і п'єзометричний напір в довільному перерізі будуть:

$$D = D_n \sqrt[3]{\left[\frac{3}{h_n} \zeta_{l_{p,n}} \frac{V^2}{2g} \left(1 - \frac{x}{l} \right) \right]^2}, \text{ м}, \quad (8)$$

$$h = \sqrt[3]{3 \zeta_{l_{p,n}} h_n^2 \frac{V^2}{2g} \left(1 - \frac{x}{l} \right)}, \text{ м}. \quad (9)$$

Для початкового перерізу знаходимо:

$$D_n = \frac{3}{h_n} \lambda_p l \frac{V^2}{2g}, \text{ м}. \quad (10)$$

$$h_n = 3 \zeta_{l_{p,n}} \frac{V^2}{2g}, \text{ м}. \quad (11)$$

Висновок. У ході дослідження на основі аналізу диференціальних рівнянь, які описують рух рідини у напірних розподільчих дренажних трубопроводах змінного (такого, що зменшується) перерізу за довжиною, розроблена досить проста і зручна у використанні методика розрахунку їх основних гідравлічних характеристик і конструктивних параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Playan E., Mateos L. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity // *Agricultural water management*. 2006. Vol. 80, No 1-3. P. 100-116. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.007>

2. Castellano M. J., Archontoulis S. V., Helmers M. J., Poffenberger H. J., Six J. Sustainable intensification of agricultural drainage // *Nature Sustainability*. 2019. No 2. P. 914-921. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0393-0>

3. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246852>

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