

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ДОВЖИНИ НАПІРНИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

КРАВЧУК А.М., КРАВЧУК О.А., ЧАБАНЮК Р.А.

Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ, Україна

При проектуванні і конструюванні розподільчих дренажних трубопроводів меліоративних систем, інтенсивність подачі води до розрахункової земельної ділянки, при якій на ній буде забезпечений необхідний рівень підйому ґрунтових вод і вологісний режим у заданий термін, повинна бути відома. Вона визначається в основному гідрогеологічними і меліоративними характеристиками ділянки та видом вирощуваних рослин і виражається через модуль подачі q_m (л/с·га), який представляє собою витрату води, що подається на один гектар площі за одиницю часу.

Мінімально допустима витрата води, яку необхідно розподілити через одиницю довжини труби, і при цьому будуть забезпечені необхідні умови підйому рівня ґрунтових вод, може бути визначена за залежністю [1, с. 103]

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

де E – відстань між дренами.

Схема роботи напірного розподільчого дренажного трубопроводу приведена на рис. 1.

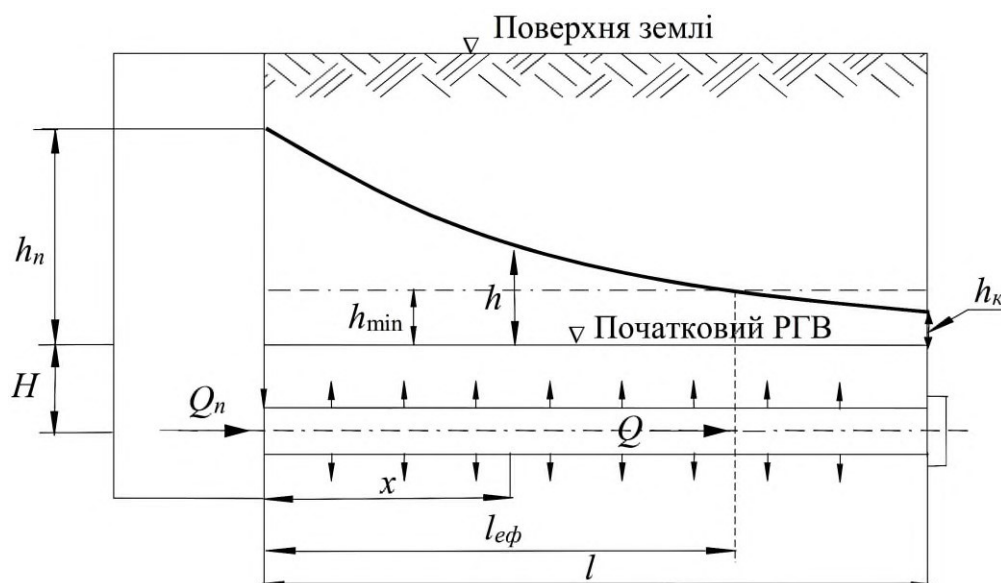


Рис. 1. Схема роботи розподільчого дренажного трубопроводу з ефективними конструктивними характеристиками

З останнього видно, що при досить великій довжині дренажного трубопроводу (l) п'єзометричний напір в його кінцевих перерізах, в зв'язку із значними втратами напору за довжиною, стане менше допустимого значення (на рис. 1 напір h менше величини h_{\min} , що відсікається пунктирною лінією).

Тут напір на рівні пунктирної лінії h_{\min} забезпечує мінімально допустиму витрату через одиницю довжини розподільника q_{\min} . При менших напорах, витрата, яка надходить з труби в ґрунт, буде менше мінімально допустимої, тобто $q < q_{\min}$.

Подальше збільшення довжини трубопроводу (l) призводить до зниження h_k і, відповідно, q_k . При значеннях $l \rightarrow \infty$, $q_k \rightarrow 0$. Таким чином можна стверджувати, що кінцеві ділянки розподільного трубопроводу на яких $h_k < h_{\min}$ і $q_k < q_{\min}$, будуть працювати неефективно, оскільки вони не зможуть забезпечити подачу необхідної витрати води і заданий підйом рівня ґрунтових вод.

Основну частину труби, від перерізу в якому $h_k = h_{\min}$ до початкового, будемо називати ефективною довжиною розподільного дренажного трубопроводу (l_{ef}). Ефективними будуть також і інші конструктивні і фільтраційні характеристики цієї труби.

Для можливості аналітичного визначення ефективних конструктивних характеристик даних труб проаналізуємо математичну модель, за допомогою якої описують рух рідини в розподільчих каналах, а саме системи з двох диференціальних рівнянь: рівняння руху рідини зі змінною витратою (2) і модифікованого рівняння фільтрації через бічну стінку (3) [2, с. 37]:

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

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

де h – змінний за довжиною напір, під дією якого відбувається витікання рідини з дрени в навколишнє середовище; Q , V , D , Ω – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа живого перерізу потоку на відстані x від початку труби; $\bar{\Phi}$ – безрозмірний фільтраційний опір дрени (його визначення є окремою фільтраційною задачею); k_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; λ_p – гідравлічний коефіцієнт тертя розподільного дренажного трубопроводу; g – прискорення вільного падіння.

Після введення нових змінних

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

а також нехтування другим членом в рівнянні (2), воно зводиться до безрозмірного вигляду [3, с. 69]:

$$\frac{dh}{dx} = -\zeta_{l_p} A \bar{V}^2, \quad (5)$$

де $\zeta_{l_p} = \lambda_p \frac{l}{D}$ – коефіцієнт опору розподільчого дренажного трубопроводу;

$A = \frac{1}{2\bar{x}_k} = \frac{\Omega\bar{\Phi}}{2k_\phi l} \sqrt{\frac{g}{h_n}}$ – узагальнений параметр розподільчої дрени, який

враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики.

При цьому мінімально допустима відносна витрата на одиниці відносної довжини розподільника складе:

$$\bar{q}_{\min} = -\left(\frac{d\bar{Q}}{dx}\right)_{\min} = \bar{h}_{к.еф}, \quad (6)$$

тут $\bar{h}_{к.еф}$ – мінімально допустиме (ефективне) значення відносного напору в кінцевому перерізі труби, яке забезпечує необхідну інтенсивність підйому ґрунтових вод.

У відповідності з розв'язком рівняння (5), приведеним в роботі [3, с. 71], можна записати:

$$\bar{h}_{к.еф} = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{4A_{еф}\bar{V}_n}\right)^3}. \quad (7)$$

З (7) ефективна довжина розподільчого дренажного трубопроводу визначиться за залежністю (м):

$$l_{еф} = \sqrt[3]{\frac{3g\pi^2\bar{\Phi}^2 D^5}{2\lambda_p h_n k_\phi^2} \left(\sqrt[3]{\frac{k_\phi h_n}{q_m E\bar{\Phi}}} - 1\right)}. \quad (8)$$

Приведені результати досліджень дозволяють розраховувати ефективну довжину розподільчих дренажних трубопроводів, які будуть забезпечувати ефективні умови роботи меліоративних систем.

Література

1. Олійник О.Я. Геодинаміка дренажу. Київ: Наукова думка, 1981. 283 с.
2. Кравчук А., Кравчук О. Розрахунок розподільчих дренажних трубопроводів, прокладених з похилом // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. 2023. Вип. 42. С. 35-41. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.35-41>
3. Кравчук О.А. До гідралічного 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>