

Кравчук А.М., Кравчук О.А.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03037, Україна; e-mail: kravchuk.am@knuba.edu.ua,
kravchuk.oa2@knuba.edu.ua; orcid.org/0000-0001-8732-9244, orcid.org/0000-0001-6578-8896)

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗПОДІЛЬЧИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПРИ ПРОПУСКУ ТРАНЗИТНОЇ ВИТРАТИ

На основі аналізу системи диференціальних рівнянь, які описують рух рідини в горизонтальних дренажних трубопроводах, що працюють при наявності транзитної витрати, в яких роздача рідини вздовж шляху відбувається в режимі фільтрації, запропоновані прості і зручні для застосування залежності для розрахунку основних гідравлічних і конструктивних характеристик таких труб. Розв'язки отримані за припущення нехтування членом, який враховує ефект зміни витрати вздовж шляху. При аналізі ведено поняття фіктивного нескінченно довгого розподільного дренажного трубопроводу або трубопроводу з нескінченною великою величиною просякнення стінок труби. Для цього типу труб вважається, що реальна витрата на їх початку замінюється умовною витратою, яка роздається на фіктивній початковій ділянці трубопроводу. При цьому витрата в початковому перерізі фіктивних труб приймається рівною нулю. Введені припущення дозволяють для розрахунку даних трубопроводів з певним наближенням використовувати відомі формули, які застосовуються при розрахунку роботи трубопроводів без транзиту. Приведені залежності дають можливість розраховувати вплив транзитної витрати на гідравлічні характеристики розподільних дренажних труб.

Ключові слова: розподільний дренажний трубопровід; гідравлічний коефіцієнт тертя; коефіцієнт фільтрації; фільтраційний опір; транзитна витрата рідини; змінна витрата рідини.

Вступ. При проектуванні меліоративних систем двосторонньої дії часто виникає ситуація, коли на меліоративній ділянці по одній дренажній розподільчій трубі одночасно подається вода безпосередньо як для зволоження ґрунту на ній, так і проходить витрата води для зволоження ґрунту на сусідніх ділянках. Тобто дана труба працює при наявності транзитної витрати. Причому, на практиці співвідношення між шляховою і транзитною витратами для цієї труби може змінюватись в досить широких межах. Безумовно, наявність транзитної витрати повинна впливати на характеристики таких труб. На сьогодні методика гідравлічного розрахунку дренажних трубопроводів, які працюють при наявності транзитної потребує суттєвого корегування [1, 2]. Зокрема це стосується визначення впливу фільтраційних характеристик системи “дрена–ґрунт” на інтенсивність роздавання рідини своєю боковою поверхнею вздовж дренажної труби, а це в свою чергу багато в чому визначає ефективність роботи меліоративної системи в цілому [3-5]. Схема роботи даного типу трубопроводів приведена на рис. 1.

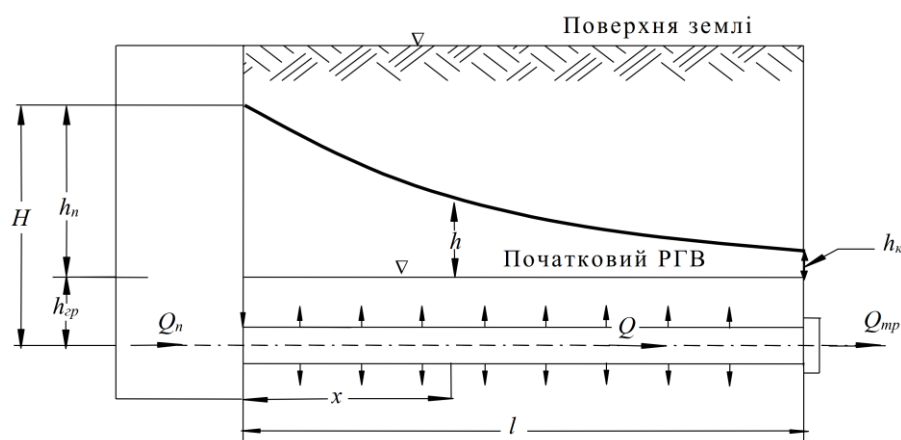


Рис. 1. Схема роботи розподільного дренажного трубопроводу при наявності транзиту

Матеріали і методи досліджень. Приведені матеріали досліджень базуються на результатах особистих аналітичних досліджень основних математичних залежностей, за

допомогою яких описується рух напірного потоку рідини в розподільних перфорованих трубопроводах, які працюють при наявності транзитної витрати.

Результати досліджень. Вихідна система диференціальних рівнянь, які описують рух рідини в перфорованому розподільному дренажному трубопроводі складається з рівняння гідравліки змінної витрати (1) і модифікованого рівняння фільтрації (2) [6-8].

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

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

де H – змінний за довжиною п'єзометричний напір в трубопроводі; h_{zp} – постійний вздовж труби напір води в середовищі, в яке відбувається витікання (висота підняття ґрунтових вод в порівнянні з відміткою осі трубопроводу); h – змінний за довжиною перепад напорів, під дією якого відбувається витікання рідини з трубопроводу в навколишнє середовище; Q, V, D, Ω – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа живого перерізу потоку на відстані x від початку труби; Q_{mp} – транзитна витрата; Φ – фільтраційний опір дрени (його визначення представляє окрему фільтраційну задачу [9, 10]; k_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; λ_p – гідравлічний коефіцієнт тертя розподільчого дренажного трубопроводу [11]; g – прискорення вільного падіння.

При аналізі роботи даних трубопроводів вважається, що витікання рідини з трубопроводу здійснюється через всю бічну поверхню розподільника і шар навколишнього ґрунту в режимі фільтрації [12]. При цьому фільтраційний опір системи «дрена-ґрунт» Φ приймається постійним вздовж труби.

Шляхом введення нових змінних

$$\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{gh_n}}, \quad \bar{x} = \frac{k_\phi x}{\Omega \Phi} \sqrt{\frac{h_n}{g}}, \quad \bar{h} = \frac{h}{h_n} \quad (3)$$

представлена систем диференціальних рівнянь зводиться до безрозмірного вигляду

$$\frac{d\bar{h}}{d\bar{x}} + 2\bar{V} \frac{d\bar{V}}{d\bar{x}} + \zeta_{l_p} A \bar{V}^2 = 0 \quad (4)$$

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

де $\zeta_{l_p} = \lambda_p \frac{l}{D}$ – коефіцієнт опору розподільчого дренажного трубопроводу; $A = \frac{1}{2\bar{x}_k} = \frac{\Omega \Phi}{2k_\phi l} \sqrt{\frac{g}{h_n}}$ – узагальнений параметр розподільчої дрени, який враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики.

Як показано в роботі [13], другим членом в рівнянні (4), який описує втрати напору, що пов'язані з ефектом від'єднання рідини, без суттєвої похибки можна знехтувати. З урахуванням цього рівняння (4) набуде вигляд

$$\frac{d\bar{h}}{d\bar{x}} = -\zeta_{l_p} A \bar{V}^2. \quad (6)$$

Підставивши (5) в (6) і розділивши змінні, отримаємо

$$\bar{h} d\bar{h} = \zeta_{l_p} A \bar{V}^2 d\bar{V}. \quad (7)$$

Згідно з [14], його розв'язок буде

$$\frac{\bar{h}^2}{2} = \zeta_{l_p} A \frac{\bar{V}^3}{3} + C. \quad (8)$$

Константу інтегрування знаходимо з граничних умов: в кінці труби $\bar{h} = \bar{h}_k$; $\bar{V}_k = \bar{V}_{тр}$, тоді $C = \frac{\bar{h}_k^2}{2} - \zeta_{lp} A \frac{\bar{V}_{mp}^3}{3}$.

Підстановка останнього виразу в (8), після виконання стандартних операцій, приводить до залежності між відносною швидкістю і відносним напором у розподільнику при пропуску по ньому транзитної витрати

$$\bar{V} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A}(\bar{h}^2 - \bar{h}_k^2) + \bar{V}_{mp}^3}, \quad (9)$$

де $\bar{V}_{mp} = \frac{V_{mp}}{\sqrt{h_n g}}$ – відносна транзитна швидкість.

З (9) відносна швидкість в початковому перерізі визначиться за залежністю

$$\bar{V}_n = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A}(1 - \bar{h}_k^2) + \bar{V}_{mp}^3}. \quad (10)$$

Для подальшого аналізу введемо до розгляду поняття нескінченно довгого трубопроводу або трубопроводу з нескінченно великим просякненням бічних стінок. Для нього можна вважати, що відносний перепад напорів в його кінці дорівнює нулю ($\bar{h}_{\phi,k} \rightarrow 0$). Витрата в цьому перерізі буде Q_{mp} , а швидкість V_{mp} . Тоді з (10) маємо

$$\bar{V}_{n,mp,\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A} + \bar{V}_{mp}^3}. \quad (11)$$

Вираз (11) визначає максимально можливу швидкість, яка буде мати місце в початковому перерізі розподільчого дренажного трубопроводу нескінченної довжини з даними фільтраційними і конструктивними характеристиками при одночасному пропуску по ньому основної і транзитної витрати. Даний параметр можна також трактувати, як максимальну пропускну спроможність розподільчого трубопроводу конкретної довжини, але з нескінченно великим просякненням стінок його бічної поверхні або, що теж саме, нескінченно малим фільтраційним опором системи “дрена–грунт” ($\bar{\Phi}$).

Для наступного розгляду використаємо поняття фіктивного (умовного) трубопроводу, який буде мати фіктивне значення узагальненого параметра $A_\phi = 1/2\bar{x}_\phi$ і пропускати фіктивну витрату з відносною швидкістю \bar{V}_ϕ . Вважаємо, що транзитна витрата в такій трубі відсутня, а також обов’язково виконується умова в кінцевому перерізі $\bar{V}_{\phi,\infty} = \bar{V}_{\phi,k,\infty}$. Схема роботи таких труб представлена на рис. 2.

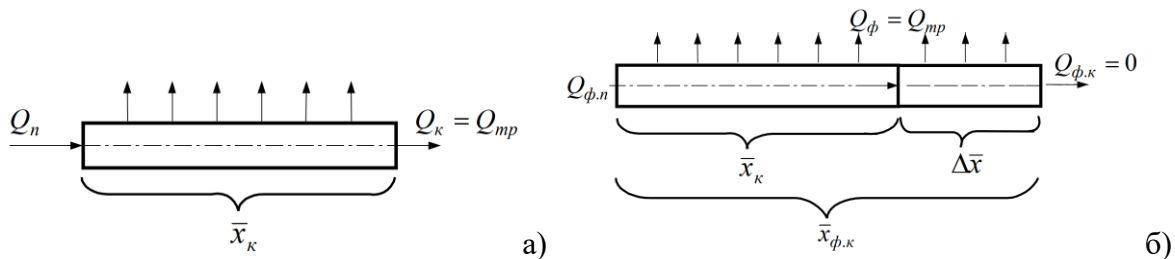


Рис. 2. Розрахункова схема роботи реального (а) і фіктивного (б) розподільчих трубопроводів

З нього слідує, що на кінцевій ділянці фіктивного розподільника, яка відповідає значенню узагальненого параметра $\Delta\bar{x} = \bar{x}_{\phi,k} - \bar{x}_k$, через бічні стінки труби витікає витрата Q_{mp} . В кінцевому ж перерізі, при $\bar{x}_{\phi,k}$ витрата і швидкість відповідно будуть $\bar{Q}_{\phi,k} = 0$, $\bar{V}_{\phi,k} = 0$, а транзитна витрата і швидкість становлять $\bar{Q}_{\phi,k,тр} = 0$, $\bar{V}_{\phi,k,тр} = 0$. При цьому відносна транзитна швидкість в початковому перерізі фіктивного дренажного трубопроводу буде

$$\bar{V}_{\phi,n,\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}^A}}. \quad (12)$$

Розв'язок вихідного рівняння (7), стосовно роботи фіктивного трубопроводу знаходимо підстановкою у (8) граничних умов: в початковому перерізі розподільника $\bar{V}_\phi = \bar{V}_{\phi,\Pi}$, $\bar{h}_{\phi,\Pi} = 1$; константу інтегрування знаходимо у вигляді $C = \frac{1}{2} - \frac{2\zeta_{lp}^A}{3} \bar{V}_{\phi,n}^3$.

Тоді залежність між діючим напором і швидкістю в довільному перерізі фіктивного розподільного трубопроводу, буде

$$\bar{h}_\phi = \sqrt{\frac{2\zeta_{lp}^A}{3} \bar{V}_\phi^3 - \frac{2\zeta_{lp}^A}{3} \bar{V}_{\phi,n}^3 + 1}. \quad (13)$$

Переходячи від фіктивного до нескінченно довгого фіктивного трубопроводу (підставивши в (13) значення $\bar{V}_{\phi,n,\infty}$ з (12)), отримаємо закон зміни відносної швидкості в залежності від величини діючого напору для цього випадку

$$\bar{V}_\phi = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}^A} \bar{h}_\phi^3}. \quad (14)$$

Продиференціювавши останній вираз, розділимо обидві його частини на $d\bar{x}$, підставимо його значення з (5), а також розділивши змінні, отримаємо

$$\frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\zeta_{lp}^A}{3}} d\bar{x}_\phi = -\bar{h}_\phi^{-\frac{4}{3}} d\bar{h}_\phi. \quad (15)$$

Інтегруємо (15)

$$\frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\zeta_{lp}^A}{3}} \bar{x}_\phi = \bar{h}_\phi^{-\frac{1}{3}} + C. \quad (16)$$

Константу інтегрування знаходимо при граничних умовах: на початку труби $\bar{x}_{\phi,\Pi} = 0$; $\bar{h}_{\phi,n} = 1$, тоді $C = -3$.

Підставивши в (16), після нескладних перетворень і використання значення $\bar{V}_{\phi,n,\infty}$ з (12), зміну відносного напору за довжиною фіктивного розподільного трубопроводу отримаємо у вигляді

$$\bar{h}_\phi = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\zeta_{lp}^A}{3}} \bar{x}_\phi\right)^3} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_\phi}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}}\right)^3} = \frac{1}{\left(1 + \frac{x/l}{4A\bar{V}_{\phi,n,\infty}}\right)^3}. \quad (17)$$

Звідси, відносний п'єзометричний напір в кінцевому перерізі складе

$$\bar{h}_{\phi,\kappa} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi,\kappa}}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}}\right)^3} = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{4A\bar{V}_{\phi,n,\infty}}\right)^3}. \quad (18)$$

Зіставивши (17) і (5), а також розділивши змінні, отримаємо

$$d\bar{V}_\phi = -\frac{d\bar{x}_\phi}{\left(1 + \frac{\bar{x}_\phi}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}}\right)^3}. \quad (19)$$

Інтеграл останнього виразу буде [14]

$$\bar{V}_\phi = \bar{V}_{\phi,n,\infty} \left(1 + \frac{\bar{x}_\phi}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}} \right)^{-2} + C. \quad (20)$$

Константу інтегрування знаходимо з граничних умов: в кінці трубопроводу $\bar{x}_k = \bar{x}_{\phi,k}$; $\bar{V}_{\phi,k} = 0$, маємо $C = -\bar{V}_{\phi,n,\infty} \left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi,k}}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}} \right)^{-2}$.

Її підстановка в (20) і прості перетворення приводять до виразу, який описує зміну відносної швидкості за довжиною фіктивної розподільчої дренажної труби, у вигляді

$$\bar{V}_\phi = \bar{V}_{\phi,n,\infty} \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_\phi}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}} \right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi,k}}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}} \right)^2} \right]; \quad (21)$$

швидкість в початковому перерізі цієї труби:

$$\bar{V}_{\phi,n} = \bar{V}_{\phi,n,\infty} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi,k}}{2\bar{V}_{\phi,n,\infty}} \right)^2} \right]. \quad (22)$$

Для знаходження значення фіктивного узагальненого параметра $\bar{x}_{\phi,k}$ прирівнюємо вирази (11) і (12). Після нескладних перетворень, отримаємо

$$\bar{x}_{\phi,k} = \bar{x}_k + \frac{\zeta_{lp}}{3} \bar{V}_{mp}^3 \quad (23)$$

$$\text{або } \Delta \bar{x} = \frac{\zeta_{lp}}{3} \bar{V}_{mp}^3. \quad (24)$$

При користуванні залежностями (21) і (22) значення параметра \bar{x}_ϕ може змінюватись у межах від $\bar{x}_{\phi,n} = 0$ в початковому перерізі реальної труби, до $\bar{x}_k = \bar{x}_{\phi,k} - \frac{\zeta_{lp}}{3} \bar{Q}_{тр}^3$ – в кінцевому, тобто $0 \leq \bar{x}_\phi \leq \bar{x}_k$.

Після підстановки (11), (24) в залежність (21), при $\bar{x}_\phi = \bar{x}_k$, легко отримати вираз для визначення максимально можливої швидкості $\bar{V}_{тр,max}$, при пропуску транзитної витрати, яка зможе мати в розподільному дренажному трубопроводі із заданим значенням узагальненого параметра \bar{x}_k або A при різних величинах коефіцієнта опору розподільника ζ_{lp} . Аналогічно розв'язується і зворотна задача – визначення мінімального значення узагальненого параметра A_{min} , яке забезпечить значення максимальної швидкості $\bar{V}_{тр,max}$ при пропуску заданої транзитної витрати

$$\bar{V}_{тр,max} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A} + \bar{V}_{тр,max}^3} \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{\frac{1}{2A}}{2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A} + \bar{V}_{тр,max}^3}} \right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{\frac{1}{2A} + \frac{\zeta_{lp}\bar{V}_{тр,max}^3}{3}}{2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{lp}A} + \bar{V}_{тр,max}^3}} \right)^2} \right]. \quad (25)$$

Залежність (25) слід вирішувати підбором, або використовувати графік на рис. 3.

Обговорення результатів. З представленого графіка слідує, що збільшення довжини розподільного дренажного трубопроводу (або, що те ж саме збільшення його коефіцієнта опору), який працює при пропуску транзитної витрати, призводить до зменшення можливої відносної максимальної швидкості в його початковому перерізі або, що те ж

саме, до зменшення пропуску відносної максимальної витрати, що може пропустити даний трубопровід.

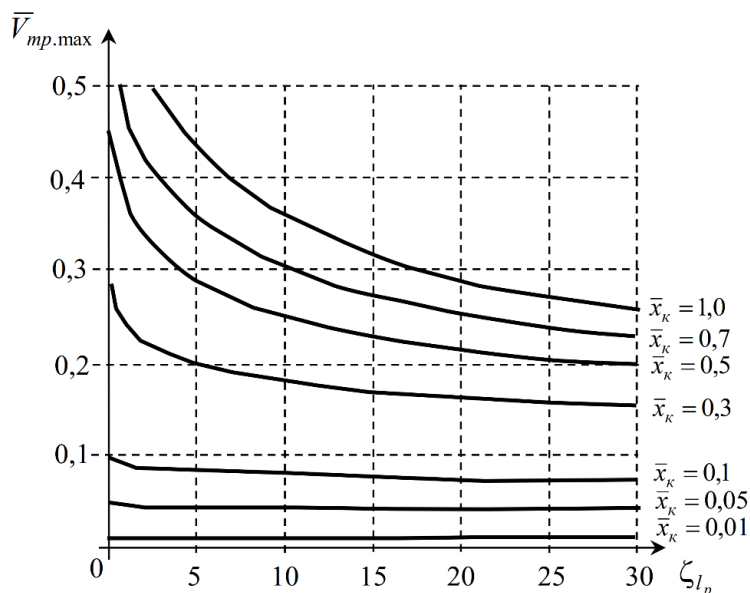


Рис. 3. Графік для визначення максимально можливої відносної швидкості $\bar{V}_{тр.макс}$ в розподільчому дренажному трубопроводі при пропуску транзитної витрати $\bar{x}_к = 1,0$

Висновки. В роботі на основі запропонованого наближеного розв’язку системи диференціальних рівнянь, яка складається з рівняння гідравліки змінної маси і модифікованого рівняння фільтрації запропоновано досить прості і зручні для використання залежності для розрахунку гідравлічних і конструктивних характеристик розподільчих дренажних трубопроводів, які працюють при пропуску транзитної витрати. При аналізі роботи даних труб введено поняття фіктивного дренажного трубопроводу нескінченної довжини або трубопроводу з нескінченною фільтраційною спроможністю стінок каналу. З’ясовано характер зміни витрати рідини вздовж каналу в залежності від конструктивних і фільтраційних характеристик системи «дрена-грунт».

Подальшим напрямком досліджень з даної проблематики вважаємо більш детальне вивчення гідродинаміки потоку всередині розподільчого дренажного трубопроводу, в тому числі при його роботі при пропуску транзитної витрати.

ЛІТЕРАТУРА:

REFERENCES:

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Безусьяк А.В., Дмитриев А.Ф., Пивовар Н.Г. Гидравлический расчет коллекторов-распределителей. Мелиорация и водное хозяйство. 1987. №67. С. 52–59. 2. Майборода В.О. Гидравлический расчет дрен и коллекторов закрытых осушительно-увлажнительных систем. Гидравлика и гидротехника. 1985. Вып. 41. С. 16–19. 3. Турченко В.О., Рокочинський А.М., Волк 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. https://doi.org/10.31713/vt420181 4. Gramlich A., Stoll S., Stamm C., Walker T., Prasuhn V. Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide fluxes from | <ol style="list-style-type: none"> 1. Bezusyak, A.V., Dmitriev, A.F., & Pivovar, N.G. (1987) “Gidravlicheskiy raschet kollektorov-raspredeleiteley”. Melioratsiya i vodnoe hozyaystvo. 7, 52-59. 2. Mayboroda, V.O. (1985) “Gidravlicheskiy raschet dren i kollektorov zakrytyih osushitelno-uvlazhnitelnyih system”. Gidravlika i gidrotehnika 41, 16-19. 3. Turcheniuk, V.O., Rokochynskiy, A.M., Volk, P.P., Prykhodko, N.V., & Rychko, D.M. (2018) “Complex of measures to improve the efficiency of functioning of figured extractive systems”. Bulletin of NUVGP. Technical sciences, 4(84), 3-21. https://doi.org/10.31713/vt420181 4. Gramlich, A., Stoll, S., Stamm, C., Walker, T., & Prasuhn, V. (2018) “Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide |
|--|--|

- agricultural fields – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 266. P. 84–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.005>
5. Schultz B., De Wrachien D. Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century. *Irrigation and Drainage*. 2002. Vol. 51. №4. P. 311–327. <https://doi.org/10.1002/ird.67>
 6. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. Харьков: Изд.-во Харьковского университета, 1964. 224 с
 7. Кравчук А.М., Кравчук О.А. Спеціальні питання гідравліки систем водопостачання і водовідведення. К.: КНУБА, 2020. 175 с.
 8. Чернюк В.В., Іванів В.В., Ценюх М.Б. Нерівномірність притоку води до напірного трубопроводу-збирача залежно від кута приєднання вхідних струменів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 9. С. 116–120. <https://doi.org/10.36930/40290920>
 9. Олейник А.Я., Поляков В.Л. Дренаж переувлажненных земель. К.: Наукова думка, 1987. 279 с.
 10. Мурашко А.И., Климов В.Т., Сапожников У.Г. Указания по фильтрационным расчетам горизонтального трубчатого дренажа. Минск: БелНИИМВХ, 1977. 44 с.
 11. Кравчук А.М., Кочетов Г.М., Кравчук О.А. Проектування трубопроводів для рівномірного збору води вздовж шляху. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2020. Вип. 33. С 36–42. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.34.19-24>
 12. Кравчук О.А. До гідравлічного розрахунку напірних дренажних трубопроводів, які працюють в режимі роздачі. *Комунальне господарство міст*. 2021. Т. 3. вип. 163. С. 68–74.
 13. Kravchuk A., Kochetov G., Kravchuk O. Improving the calculation of collecting perforated pipelines for water treatment structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6, №10(108). P. 23–28.
 14. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / перевод с английского Н.В. Леви под редакцией К.А. Семендяева. М.: Наука, 1977. 228 с.
 - fluxes from agricultural fields – A review”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 266, 84–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.005>
 5. Schultz, B., & Wrachien, D. De (2002) “Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century”. *Irrigation and Drainage* №4(51), 311-327. <https://doi.org/10.1002/ird.67>
 6. Petrov, G.A. (1964) *Variable mass hydraulics*. Publishing house of Kharkiv University.
 7. Kravchuk, A.M., & Kravchuk, O.A. (2020) *Specialni pytannya gidravliky system vodopostachannya i vodovidvedennya: Navch. posibnyk*. Kyiv: KNUCA.
 8. Cherniuk, V.V., Ivaniv, V.V., & Tsenyuh, M.B. (2019) “Dependence of non-uniformity of water inflow into pressure pipeline-collector on the angle of inflowing jets”. *Scientific Bulletin of UNFU* 29(9), 116-120. <https://doi.org/10.36930/40290920>
 9. Oleynik, O.Ya. & Poliakov, V.L. (1987). *Wetlands drainage*. Kyiv: Naukova dumka.
 10. Murashko, A.I., Klimov, V.T., & Sapozhnikov, U.G. (1977) *Ukazaniya po filtratsionnym raschetam gorizontalnogo trubchatogo drenazha*. Minsk: BelNIIMiVH.
 11. Kravchuk, A.M., Kochetov, G.M., & Kravchuk, O.A. (2020) “Pipelines designing for steady water collection along the path”. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 33, 34-40. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.33.34-40>
 12. Kravchuk, O. (2021) “To the hydraulic calculation of pressure drainage pipelines, operating in distribution regime”. *Municipal economy of cities*, 3(163), 68-74.
 13. Kravchuk, A., Kochetov, G., & Kravchuk, O. (2020) “Improving the calculation of collecting perforated pipelines for water treatment”. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10). 23-28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216366>
 14. Dvayt, G.B. (1977). *Tables of integrals and other mathematical formulas*. Translation from English by N.V. Levy, edited by K.A. Semendyaev. Moskwa: Nauka.

Kravchuk A.M., Kravchuk O.A. DETERMINATION OF DISTRIBUTION DRAINAGE PIPELINES CHARACTERISTICS WHEN PASSING TRANSIT FLOW.

Simple and convenient dependences for calculating basic hydraulic and design characteristics of horizontal drainage pipelines operating in the presence of transit flow, in which the fluid distribution along the path occurs in the filtration mode, are proposed on the basis of the analysis of a system of differential equations that describe the fluid motion in such pipes. The solutions are based on the assumption that the member is neglected, which takes into account the effect of the flow variation along the pass. The concept of a fictitious infinitely long distribution drainage pipeline or a pipeline with an infinitely large amount of permeation of the pipe walls is used in the analysis. It is assumed that the actual flow at the beginning of this pipelines is replaced by a conditional flow, which is distributed at the fictitious initial section of the pipeline. The flow in the initial section of the fictitious pipes is assumed to be zero. The introduced assumptions allow to use formulas for calculation of the mentioned pipelines with a certain approximation which are applied at calculation of pipelines operation without transit. These dependences allow to calculate the effect of transit flow on the hydraulic characteristics of the distribution drainage pipelines.

Key words: distribution drainage pipeline; hydraulic friction factor; hydraulic conductivity; filtration resistance; transit fluid flow; variable fluid flow.