

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ПОХИЛУ НА РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ¹**Кравчук А.М.**, д.т.н., професор,

kravchuk.am@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8732-9244

¹**Кравчук О.А.**, к.т.н., доцент,

kravchuk.oa2@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6578-8896

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури*
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна

Анотація. Розглянута система з двох диференціальних рівнянь за допомогою яких описують рух рідини в дренажній трубі зі змінною витратою і умови входу рідини з навколишнього ґрунту через стінки в трубі в режимі фільтрації. Вона складається з рівняння гідравліки змінної маси і модифікованого рівняння фільтрації. Досліджуваний трубопровід прокладений з прямим похилом «*i*». Показано, що в даному випадку, без суттєвої похибки другим членом модифікованого рівняння фільтрації можна знехтувати. Шляхом введення нових змінних вихідна система зводиться до безрозмірного вигляду. Представлено розв'язок даної системи рівнянні у безрозмірному вигляді.

Показано, що в даному випадку розв'язок вихідної системи рівнянь залежить від величини трьох основних факторів: коефіцієнта опору збірному дренажному трубопроводу « ζ_r »; узагальненого параметра «*A*», який комплексно враховує конструктивні і фільтраційні характеристики розглядуваного потоку; геометричного похилу прокладання трубопроводу «*i*». При аналізі використано поняття нескінченно довгого дренажного трубопроводу, який прокладений з похилом, або, що те ж саме, похильного трубопроводу з нескінченною фільтраційною спроможністю стінок бічної поверхні. Відмічається, що такий трубопровід буде мати максимальну пропускну спроможність в порівнянні з таким же трубопроводом обмеженої довжини. На основі проведеного аналізу отримано відносно прості і зручні у використанні аналітичні залежності для розрахунку характеру зміни витрати і перепаду напорів за довжиною дренажного трубопроводу прокладеного з певним похилом.

За запропонованими формулами проведена серія розрахунків основних характеристик даних труб при різних значеннях похилу, для наочності побудовані відповідні графічні залежності. Показано, що величина геометричного похилу прокладання напірного дренажного трубопроводу, поряд з коефіцієнтом опору і узагальненим параметром, суттєво впливає на розрахункові параметри таких труб.

Ключові слова: збірний дренажний трубопровід, гідравлічний коефіцієнт тертя, коефіцієнт фільтрації, фільтраційний опір, геометричний похил дренажної труби, змінна витрата рідини.

Вступ. Як відомо, для забезпечення стабільних урожаїв в Україні досить розвинена і активно експлуатується система меліоративних заходів. При цьому головним елементом меліоративної системи є мережа дренажних трубопроводів за допомогою яких забезпечується необхідний вологісний режим ґрунту [1-3]. В залежності від місцевих умов дренажні трубопроводи можуть працювати в напірному і безнапірному режимі, бути прокладені горизонтально або мати певний похил. Крім того може мати похил або бути горизонтальним також і рівень ґрунтових вод на майданчику, що меліорується [4].

Вважається, що надходження рідини в збірний дренажний трубопровід здійснюється безперервно і нерівномірно за його довжиною. Суттєвий вплив на характер притоку повинен мати склад ґрунту та матеріал фільтруючої поверхні дренажних трубопроводів, відстань між

дренами і їх конструктивні особливості. Для врахування цих параметрів в даній роботі використано поняття фільтраційного опору дрени $\bar{\Phi}$ [5], який умовно вважається постійним вздовж дрени. Крім того відомо, що на характеристики потоку суттєво впливає наявність похилу дренажної труби.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями розробки методики інженерного розрахунку напірних збірних дренажних трубопроводів в різних умовах присвячено досить велику кількість робіт [5-7]. При цьому розглядаються випадки роботи даних труб з рівномірним [8] і нерівномірним [9] приєднанням рідини вздовж шляху. Як правило, при аналізі роботи дренажних перфорованих трубопроводів застосовувались рівняння руху рідини зі змінною витратою [10]. Отримані на їх основі розрахункові залежності з тим чи іншим ступенем точності описують розглядуваний процес. Однак практично всі автори в своїх дослідженнях розглядали варіант горизонтальної прокладки дренажних труб, коли впливом похилу дренажного трубопроводу на його розрахункові параметрами можна знехтувати. Однак на практиці часто вплив похилу труби необхідно враховувати для отримання реальних результатів.

Мета та завдання. Метою даної роботи було на основі вирішення рівняння гідравліки змінної маси розробити методику інженерного розрахунку збірних напірних дренажних трубопроводів, які працюють при наявності похилу каналу. В результаті розрахунку при відомих конструктивних і фільтраційних характеристиках системи необхідно отримати відповідні гідравлічні параметри потоку або вирішувати зворотну задачу – при відомих гідравлічних параметрах розрахувати реальні конструктивні і фільтраційні характеристики системи.

Матеріали та методика досліджень. Представлена робота базується на результатах особистих аналітичних досліджень основних математичних залежностей, за допомогою яких описується рух напірного потоку рідини в збірних перфорованих трубопроводах, що прокладені з похилом.

Результати досліджень. Як вже вказувалось, при проектуванні меліоративних систем, в залежності від рельєфу місцевості, збірні дренажні трубопроводи можуть прокладатись як горизонтально, так і з прямим або зворотнім похилом. Під прямим похилом ($i > 0$) будемо розуміти випадок, коли відмітки лотка збірної дренажної труби знижуються за довжиною від початкового до кінцевого перерізу. Зворотнім похилом ($i < 0$) вважається протилежний варіант, коли відмітки лотка підвищуються вздовж труби. Поверхня ґрунтових вод при цьому приймається горизонтальною ($I = 0$).

Розглянемо основний, найбільш характерний, випадок роботи збірних дренажних трубопроводів без транзиту, прокладених з прямим похилом при горизонтальному рівні поверхні ґрунтових вод. Розрахункова схема роботи дрени для цього випадку приведена на рис. 1.

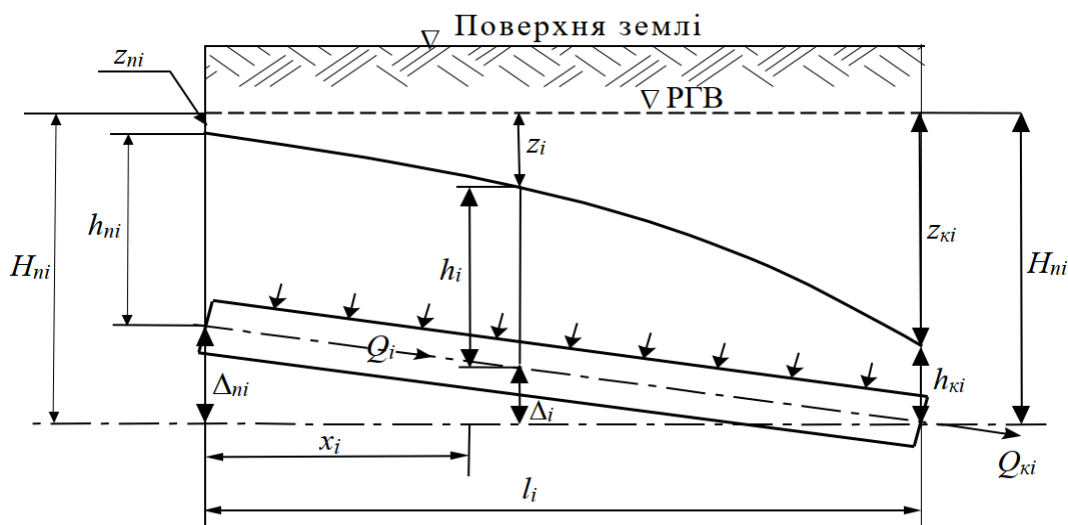


Рис. 1. Схема роботи похильного збірного дренажного трубопроводу при горизонтальному РГВ

Як відомо [11], рух рідини в даному випадку описується системою диференціальних рівнянь, яка складається з рівняння гідравліки змінної маси (1) і модифікованого рівняння фільтрації (2):

$$\frac{dh}{dx} + \frac{2}{g} V \frac{dV}{dx} + \frac{\lambda_{36}}{2gD} V^2 \pm i = 0, \quad (1)$$

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

де H – висота розташування рівня ґрунтових вод над горизонтальною площиною зрівняння в довільному перерізі труби (в кінцевому перерізі дрени це глибина занурення осі цього трубопроводу); h – п'єзометричний напір в трубі; z – змінний за довжиною перепаду напорів, під дією якого відбувається втікання рідини з навколишнього середовища в дренажний трубопровід; $\frac{\Delta_n}{l} = i$ – геометричний похил прокладання дренажного трубопроводу довжиною l ; $h = H - z - ix$; $dh = -dz - idx$; Q , V , D , Ω – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа перерізу потоку на відстані x від початку труби; Φ – фільтраційний опір дрени; k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; λ_{op} – гідравлічний коефіцієнт тертя дренажного трубопроводу; g – прискорення вільного падіння.

Використавши наведені вище співвідношення, а також вівши нові змінні:

$$\bar{V}_i = \frac{V}{\sqrt{2gz_{\kappa}}}, \quad \bar{x}_i = \frac{k_{\phi} x}{\Omega \Phi} \sqrt{\frac{z_{\kappa}}{2g}}, \quad \bar{z}_i = \frac{z}{z_{\kappa}}, \quad (3)$$

вихідна система рівнянь зводиться до безрозмірного вигляду:

$$-\frac{d\bar{z}_i}{d\bar{x}_i} + 4\bar{V}_i \frac{d\bar{V}_i}{d\bar{x}_i} + \zeta_{l_{op}} A \bar{V}_i^2 \mp B = 0, \quad (4)$$

$$\frac{d\bar{V}_i}{d\bar{x}_i} = \bar{z}_i, \quad (5)$$

де $\zeta_{l_{op}} = \lambda_{op} \frac{l}{D}$ – коефіцієнт опору збірної дренажного трубопроводу; $A = \frac{1}{\bar{x}_{\kappa}} = \frac{\Omega \Phi}{k_{\phi} l} \sqrt{\frac{2g}{z_{\kappa}}}$ – узагальнений параметр збірної дрени, який враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики; $B = \frac{liA}{z_{\kappa}}$ – параметр, який враховує вплив похилу дренажного трубопроводу на характеристики потоку в ньому.

В наведених співвідношеннях індекс « i » відноситься до трубопроводу, який прокладений з похилом.

В рівнянні (4) другий член враховує втрати напору, які пов'язані з ефектом приєднання рідини вздовж шляху, третій – втрати напору на гідравлічне тертя, четвертий – вплив похилу дренажної труби.

Як показано в роботі [12], при розрахунку дренажних трубопроводів другим членом в рівнянні (4), в зв'язку з його відносно малою величиною, зазвичай нехтують. Тоді воно прийме вигляд:

$$\frac{d\bar{z}_i}{d\bar{x}_i} = \zeta_{l_{op}} A \bar{V}_i^2 \mp B. \quad (6)$$

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

$$\bar{z}_i d\bar{z}_i = \zeta_{l_{op}} A \bar{V}_i^2 d\bar{V}_i \mp B d\bar{V}_i. \quad (7)$$

Після інтегрування вираз (7) набуде вигляду [13]:

$$\frac{\bar{z}_i^2}{2} = \zeta_{l_{op}} A \frac{\bar{V}_i^3}{3} \pm B \bar{V}_i + C. \quad (8)$$

Константу інтегрування знаходимо з граничних умов: на початку труби $\bar{V}_{ni} = 0$; $\bar{z}_i = \bar{z}_{ni}$, тоді $C = \frac{\bar{z}_{ni}^2}{2}$.

Підставивши у (8), остаточно отримаємо:

$$\bar{z}_i^2 - \bar{z}_{ni}^2 = \frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_i^3 \pm 2B\bar{V}_i. \quad (9)$$

Залежність (9) в кінцевому перерізі реальної похильної труби буде мати вигляд:

$$1 - \bar{z}_{ni}^2 = \frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_{ki}^3 \pm 2B\bar{V}_{ki}. \quad (10)$$

Для подальшого аналізу використаємо поняття збірного дренажного трубопроводу нескінченної довжини ($l \rightarrow \infty$, $\zeta_{l_{op}} \rightarrow \infty$). Для нього перепадом напорів в початковому перерізі, у зв'язку з його малим значенням, можна знехтувати ($\bar{z}_{ni} \rightarrow 0$) (мала вищого порядку $\bar{z}_{ni}^2 \ll 1$). Тоді залежність (10) прийме вигляд:

$$\frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_{k,\infty}^3 \mp 2B\bar{V}_{k,\infty} = 1, \quad (11)$$

$$\text{де } \bar{V}_{k,\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2A\zeta_{l_{op}}}}.$$

Значення відносної швидкості в кінцевому перерізі похильного нескінченно довгого збірного дренажного трубопроводу розраховуємо як дійсний додатний корінь кубічного рівняння (11). Для полегшення розрахунків можна користуватись графіком на рис. 2, ($E = \frac{z_k}{2A\bar{V}_{k,\infty}}$).

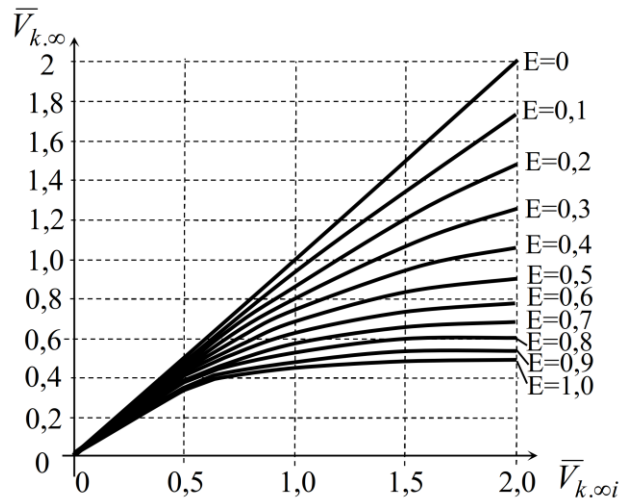


Рис. 2. Графік визначення коренів рівняння (11)

При $B = 0$ рівняння (11) переходить в залежність, що описує роботу горизонтального збірного дренажного трубопроводу.

Для подальшого аналізу введемо до розгляду поняття фіктивного горизонтального ($i = 0$; $B = 0$) збірного дренажного трубопроводу нескінченної довжини. При цьому даний трубопровід має основні характеристики, що забезпечують в його кінцевому перерізі таку ж

відносну швидкість (витрату), як у похильного дренажного трубопроводу нескінченної довжини, тобто для них справедливе співвідношення:

$$\bar{V}_{\phi, \kappa} = \bar{V}_{\kappa, \infty i} = \sqrt[3]{\frac{3}{2A\zeta_{l_{op}}}}. \quad (12)$$

Як показано в роботі [14], для фіктивного збірному горизонтального дренажного трубопроводу нескінченної довжини залежність між діючим відносним перепадом напорів і відносною швидкістю має вигляд:

$$\bar{z}_{\phi} = \sqrt{\frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_{\phi}^3}. \quad (13)$$

Прирівнявши залежність (9), для нескінченно довгого похильного дренажного трубопроводу (за умови $\bar{z}_{n,i} \rightarrow 0$) і вираз (13), отримаємо:

$$\frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_i^3 \mp 2B\bar{V}_i - \frac{2A\zeta_{l_{op}}}{3} \bar{V}_{\phi}^3 = 0. \quad (14)$$

З останнього кубічного рівняння, при відомому \bar{V}_{ϕ} , розраховуємо \bar{V}_i . Після його підстановки в залежність для описання величини відносної витрати в горизонтальному збірному трубопроводі:

$$\bar{V}_{\phi} = \bar{V}_{\phi, \kappa \infty} \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi, \kappa} - \bar{x}_{\phi}}{2\bar{V}_{\phi, \kappa \infty}}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{\bar{x}_{\phi, \kappa}}{2\bar{V}_{\phi, \kappa \infty}}\right)^2} \right], \quad (15)$$

і нескладних перетворень, знаходимо відносну відстань \bar{x}_i , при якій буде мати місце та сама за величиною відносна швидкість:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{A} - 2\bar{V}_{\phi, \kappa \infty} \left[\sqrt{\frac{1}{\frac{\bar{V}_i}{\bar{V}_{\phi, \kappa \infty}} + \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{2A\bar{V}_{\phi, \kappa \infty}}\right)^2}} - 1} \right]. \quad (16)$$

Для визначення співвідношень між \bar{x}_i і \bar{x}_{ϕ} , при яких відносні швидкості в перерізах реального похильного і фіктивного горизонтального трубопроводів будуть рівні ($\bar{V}_i = \bar{V}_{\phi}$), підставимо \bar{V}_{ϕ} з (14) в залежність отриману з (13), маємо:

$$\bar{z}_i = \sqrt{\frac{2\zeta_{l_{\infty}}}{3} A \bar{V}_{\phi, \infty i}^3 \mp 2B\bar{V}_{\phi, \infty i}}. \quad (17)$$

Звідси, з урахуванням (16), отримаємо:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{A} - 2\bar{V}_{\phi, \kappa \infty} \left(\frac{1}{\sqrt[3]{\bar{z}_i}} - 1 \right). \quad (18)$$

Отже, вирази (16) і (18), відповідно, дозволяють визначити значення відносної координати \bar{x}_i реального трубопроводу в залежності від відносної координати \bar{x}_{ϕ}

фіктивного трубопроводу, при яких величини відносних напорів \bar{z}_i і \bar{z}_ϕ або швидкостей \bar{V}_i і \bar{V}_ϕ (витрат \bar{Q}_i і \bar{Q}_ϕ) будуть рівні між собою.

Приведений матеріал дозволяє запропонувати для використання методики розрахунку збірних дренажних трубопроводів з похилом для різних варіантів задач. Конкретний вигляд методики залежить від поставлених завдань.

Нижче приведена методика і приклад розрахунку витрати в кінцевому перерізі похильного дренажного трубопроводу.

Методика та приклад розрахунку. Визначити витрату в кінцевому перерізі похильного збірної дренажного трубопроводу з характеристиками:

$$D = 0,1 \text{ м}; H = 1,4 \text{ м}; h_k = 0,3 \text{ м}; \lambda_{об} = 0,035; l = 200 \text{ м};$$

$$k_\phi = 0,5 \text{ м/доб} = 0,000023 \text{ м/с}; \bar{\Phi} = 0,8; i = 0,005.$$

1. Знаходимо перепад напорів в кінці трубопроводу і його площу поперечного перерізу:

$$z_k = H - h_k = 1,4 - 0,3 = 1,1 \text{ м}; \quad \Omega = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{4 \cdot 0,1^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2.$$

2. Визначаємо коефіцієнт опору збірної дренажного трубопроводу $\zeta_{l_{op}}$; узагальнений параметр збірної дрени A ; параметр який враховує вплив похилу дренажного трубопроводу B :

$$\zeta_{l_{op}} = \lambda_{op} \frac{l}{D} = 0,035 \frac{200}{0,1} = 70; \quad B = \frac{liA}{z_k} = \frac{200 \cdot 0,005 \cdot 5,31}{1,3} = 4,08.$$

$$A = \frac{1}{\bar{x}_k} = \frac{\Omega \bar{\Phi}}{k_\phi l} \sqrt{\frac{2g}{z_k}} = \frac{0,00785 \cdot 0,8}{0,000023 \cdot 200} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{1,3}} = 5,31; \quad \bar{x}_k = \frac{1}{A} = \frac{1}{5,31} = 0,19.$$

Розрахунок здійснюємо із застосуванням безрозмірних змінних:

$\bar{V}_i = \frac{V}{\sqrt{2gz_k}}$ – безрозмірна швидкість в довільному перерізі;

$\bar{x}_i = \frac{k_\phi x}{\Omega \bar{\Phi}} \sqrt{\frac{z_k}{2g}}$ – безрозмірний параметр;

$\bar{z}_i = \frac{z}{z_k}$ – безрозмірний перепад напорів.

3. Розраховуємо значення безрозмірної швидкості в кінцевому перерізі нескінченно довгого горизонтального дренажного трубопроводу:

$$\bar{V}_{к\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2A\zeta_{l_{op}}}} = \sqrt[3]{\frac{3}{2 \cdot 5,31 \cdot 70}} = 0,16.$$

4. Значення відносної швидкості в кінцевому перерізі нескінченно довгого похильного трубопроводу знаходимо з кубічного рівняння (11):

$$\frac{\bar{V}_{к,\infty i}^3}{\bar{V}_{к\infty}^3} - 2B\bar{V}_{к,\infty i} = 1,$$

$$\frac{\bar{V}_{к,\infty i}^3}{0,16^3} - 2 \cdot 4,08 \cdot \bar{V}_{к,\infty i} = 1.$$

Маємо $\bar{V}_{к,\infty i} = 0,227$.

5. Переходячи до розмірних величин, отримаємо:

$$V_{к,\infty i} = \bar{V}_{к,\infty i} \cdot \sqrt{2gz_k} = 0,227 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,3} = 1,146 \text{ м/с}.$$

6. В розмірних одиницях витрата в кінцевому перерізі збірної похильного дренажного трубопроводу становить:

$$Q_k = V_{к,\infty i} \cdot \Omega = 1,146 \cdot 0,00785 = 0,009 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Висновки. В роботі на основі аналізу диференційних рівнянь, які описують рух рідини в збірних напірних дренажних трубопроводах, які прокладені з похилом i , запропоновано відносно прості аналітичні залежності і допоміжні графіки для їх розрахунку. При проведенні аналізу введено поняття нескінченно довгого похильного дренажного трубопроводу або трубопроводу з нескінченною величиною просякнення бічної поверхні стінок труби. Оцінено вплив величини похилу на розрахункові параметри таких труб при їх різних конструктивних характеристиках. Наведено приклад розрахунку кінцевої витрати похильного дренажного трубопроводу. Приведені формули рекомендуються для застосування в широкому діапазоні зміни параметрів дренажних трубопроводів, що прокладені з похилом. Для подальшого розвитку даного напрямку досліджень вважаємо за необхідне більш детальне вивчення внутрішньої гідродинаміки потоку рідини в збірних дренажних трубопроводах.

Література

1. Schultz B., De Wrachien D. Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century. *Irrigation and Drainage*. 2002. Vol. 51. No 4. P. 311-327. doi.org/10.1002/ird.67.
2. Ромашенко М.І., Балюк С.А., Вергунов В.А., Вожегова Р.А., Жовтоног О.І., Рокочинський А.М., Тараріко Ю.О., Трускавецький Р.С. Сталий розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату. *Аграрні інновації*. 2020. Вип. 3. С. 59-64. doi.org/10.32848/agraar.innov.2020.3.10.
3. Турченко В.О., Рокочинський А.М., Вовк 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. вип. 84. С. 3-21. doi.org/10.31713/vt420181.
4. Кравчук А., Кравчук О. Оцінка впливу похилу на характеристики напірних збірних дренажних трубопроводів. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2022. Вип. 40. С. 26-30. doi.org/10.32347/2524-0021.2022.40.26-30.
5. Олейник О.Я., Поляков В.Л. Дренаж переувлажненних земель. К.: Наукова думка, 1987. 279 с.
6. Мурашко А.И., Климов В.Т., Сапожников У.Г. Указания по фильтрационным расчетам горизонтального трубчатого дренажа. Минск: БелНИИМиВХ, 1977. 44 с.
7. 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*. Vol. 6. No. 7 (114). P. 93-103. doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246852.
8. Дмитриев А.Ф. О гидравлическом расчете дренажных трубопроводов. *Гидротехника и меліорація*. 1980. Вып. 11. С. 57 – 59.
9. 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, вип. 9. С. 116-120. doi.org/10.36930/40290920.
10. 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, No. 10(108). P. 23-28. doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216366.
11. Кравчук А., Кочетов Г., Кравчук О. Проектування трубопроводів для рівномірного збору води вздовж шляху. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2020. Вип. 33. С. 34-40. doi.org/10.32347/2524-0021.2020.33.34-40.
12. Kravchuk O.A. Particularities of hydraulic calculation of collecting pressure drainage pipelines. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2021. No. 83. P. 130-138. doi.org/10.31650/2415-377X-2021-83-130-138.
13. 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.

14. Кравчук А.М., Чернишев Д.О., Кравчук О.А. Гідравліка напірних перфорованих трубопроводів очисних споруд систем водопостачання та водовідведення: монографія. К.: КНУБА, 2021. 203 с.

Reference

- [1] B. Schultz, D. De Wrachien, "Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century", *Irrigation and Drainage*, vol. 51, no. 4, pp. 311-327, 2002. doi.org/10.1002/ird.67.
- [2] M.I. Romashchenko, S.A. Baliuk, V.A. Verhunov, R.A. Vozhehova, O.I. Zhovtonoh, A.M. Rokochynskiy, Yu.O. Tarariko, R.S. Truskavetskiy, "Sustainable development of land reclamation in Ukraine in the conditions of climate change", *Agrarian Innovations*, no. 3, pp. 59-64, 2020. doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.10.
- [3] V.O. Turcheniuk, A.M. Rokochynskiy, P.P. Volk, N.V. Prykhodko, D.M. Rychko, "Complex of measures to improve the efficiency of functioning of figured extractive systems", *Bulletin of NUWEE. Technical Sciences*, vol. 4, no. 84, pp. 3-21, 2018. doi.org/10.31713/vt420181.
- [4] A. Kravchuk, O. Kravchuk, "Assessment of the slope influence on the pressure collecting drainage pipelines characteristics", *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, no. 40, pp. 26-30, 2022. doi.org/10.32347/2524-0021.2022.40.26-30.
- [5] O.Ya. Oleynik, V.L. Poliakov, *Drenazh pereuvlazhnennykh zemel*. Kiev: Naukova dumka, 1987.
- [6] A.I. Murashko, V.T. Klimov, U.G. Sapozhnikov, *Ukazaniya po filtratsionnyim raschetam gorizontalnogo trubchatogo drenazha*. Minsk: BelNIIMiVH, 1977.
- [7] V. Cherniuk, R. Hnativ, O. Kravchuk, V. Orel, I. Bihun, M. Cherniuk, "The problem of hydraulic calculation of pressure distribution pipelines", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 7 (114), pp. 93-103. doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246852.
- [8] A.F. Dmitriev, "O gidravlicheskom raschete drenazhnykh truboprovodov", *Gidrotehnika i melioratsiya*, no. 11, pp. 57-59, 1980.
- [9] V.V. Cherniuk, V.V. Ivaniv, M.B. Tsenyuh, "Dependence of non-uniformity of water inflow into pressure pipeline-collector on the angle of inflowing jets", *Scientific Bulletin of UNFU*, vol. 29, no. 9, pp. 116-120, 2019. doi.org/10.36930/40290920.
- [10] A. Kravchuk, G. Kochetov, O. Kravchuk, "Improving the calculation of collecting perforated pipelines for water treatment structures", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 10 (108), pp. 23-28, 2020. doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216366.
- [11] A. Kravchuk, G. Kochetov, O. Kravchuk, "Pipelines designing for steady water collection along the path", *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, no. 33, pp. 34-40, 2020. doi.org/10.32347/2524-0021.2020.33.34-40.
- [12] O.A. Kravchuk, "Particularities of hydraulic calculation of collecting pressure drainage pipelines", *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, no. 83, pp. 130-138, 2021. doi.org/10.31650/2415-377X-2021-83-130-138.
- [13] G.B. Dvayt, *Tablitsyi integralov i drugie matematicheskie formulyi*, Perevod s angliyskogo N.V. Levi pod redaktsiey K.A. Semendyaeva. M: Nauka, 1977.
- [14] A.M. Kravchuk, D.O. Chernyshev, O.A. Kravchuk, *Hidravlika napirnykh perforovanykh truboprovodiv ochysnykh sporud system vodopostachannia ta vodovidvedennia*. Kyiv: KNUCA, 2021.

THE SLOPE INFLUENCE ON CALCULATED PARAMETERS OF COLLECTING DRAINAGE PIPELINES

¹**Kravchuk A.M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor,
kravchuk.am@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8732-9244

¹**Kravchuk O.A.**, PhD, Associate Professor,
kravchuk.oa2@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6578-8896

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture*
31, Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03037, Ukraine

Abstract. System of two differential equations, which describe the liquid motion in a drainage pipeline with variable flow rate and the conditions of liquid entry from the surrounding soil through the walls of the pipe in filtration mode, is considered. It consists of a variable mass hydraulics equation and a modified filtration equation. The explored pipeline is laid with a direct slope " i ". It is shown that in this case, the second term of modified filtration equation can be neglected without significant error. By introducing new variables, the original system is reduced to a dimensionless form. The solution of this equations system in dimensionless form is presented.

In this case the solution of the original equations system depends on the value of three main factors: the resistance factor of the collecting drainage pipeline " ζ_l "; the generalized parameter " A ", which comprehensively takes into account the structural and filtering characteristics of the stream; the geometric slope of pipeline laying " i ". The analysis used the concept of an infinitely long drainage pipeline, which is laid with a slope, or, what is the same, an inclined pipeline with an infinite filtering capacity of the side surface walls. It is noted that such pipeline will have the maximum throughput compared to the same pipeline of limited length. Relatively simple and easy-to-use analytical dependencies were obtained on the basis of the conducted analysis. They allow to calculate the nature of the flow rate variations and pressure drop along the length of the drainage pipeline laid with a certain slope.

A series of calculations of the explored pipelines main characteristics were carried out according to the proposed formulas at different values of the slope. Corresponding graphic dependencies were constructed for clarity. It is shown that the value of the geometric slope of the pressure drainage pipeline, along with the resistance factor and the generalized parameter, significantly affects the calculated parameters of such pipelines.

Keywords: collecting perforated pipeline, hydraulic friction factor, hydraulic conductivity, filtration resistance, geometric slope of the drainage pipe, variable fluid flow.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2022