

## ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 626.86

<https://doi.org/10.31713/vt420221>

**Ткачук М. М., д.т.н., професор, Хлапук М. М., д.т.н., професор,  
Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент, Дем'янюк А. В., старший викладач**  
(Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне, m.m.tkachuk@nuwm.edu.ua)

### РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ ДРЕНАЖНИМИ СИСТЕМАМИ В ГУМІДНІЙ ЗОНІ

**У статті розглянуто водорегулювання дренажними системами на осушуваних землях, наведено схеми їх конструктивних параметрів. Наведено результати аналітичних досліджень регулюючих дрен та методи розрахунку параметрів при живленні їх ґрунтовими водами.**

***Ключові слова:* водорегулювання; водогосподарські системи; рівні ґрунтових вод; осушувані землі; водний режим.**

**Вступ.** В сучасних умовах, на перезволожених землях гумідної зони, регулювання водного режиму ґрунтів здійснюється шляхом використання традиційного закритого дренажу та відповідних гідротехнічних споруд. Однак такі системи недостатньо ефективні при проведенні зволожувальних заходів, а саме: при попереджувальному, й особливо зволожувальному, шлюзуванні Кожушко Л. Ф., 1997 [1]; Маслов Б. С., 1980 [2]; Мурашко А. І., 1973 [3]; Олійник О. Я., 1981 [4].

Подальший розвиток гідромеліорацій в Україні вимагає розробки і впровадження нових, більш ефективних і надійних способів регулювання водного режиму ґрунтів, способів, які б оперативно, а в конкретних водних умовах (весняна повінь і літні зливові дощі) миттєво впливали на динаміку рівнів ґрунтових вод (РГВ), а водночас і на покращення регулювання водного режиму на мережі.

Узагальнивши вітчизняний і закордонний досвід щодо регулювання водного режиму ґрунтів, можна зробити висновок, що питання регулювання РГВ і створення оптимального водного режиму

ґрунтів є нині надзвичайно важливою проблемою в гумідній зоні.

**Результати досліджень.** Для забезпечення необхідного регулювання РГВ у задані строки необхідно розраховувати глибини вкладання дрен і відстані між ними (фільтраційні витрати з дрен і напори на дрени).

У фільтраційних розрахунках витрат з дрен і напорів на дрени, розглянемо варіанти роботи дрен відносно їх положення до водотривкого шару:

- 1) дрена лежить на водотривкому шарі;
- 2) дрена влаштована на невеликій відстані від водотривкого шару.

Вперше теоретичний розрахунок дренажу був проведений для випадку однорідного ґрунту, коли дрена розташована на водотривкому шарі – досконала за ступенем і характером розкриття водоносного пласту, а перехоплена дренаю надлишкова ґрунтова вода рухається до дрени під дією градієнта напору і відводиться у вигляді дренажного стоку.

Питомий притік ґрунтової води  $q$ , що поступає на одиницю довжини дрени від водорозділу до досконалої глибокої дрени (рис. 1, точка А) в загальному вигляді описується рівнянням (1).

$$q = \omega V = y \cdot 1k \frac{dy}{dx}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – площа поверхні рівного напору, яка приходить на одиницю довжини дрени;

$V$  – швидкість фільтрації води,  $V = k \frac{dh}{dx}$ ;

$Dh_0/dx$  – градієнт напору, який відповідає даній поверхні напору.

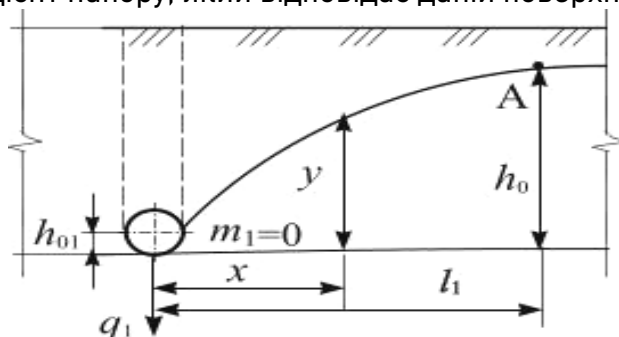


Рис. 1. Схема до розрахунку дренажного стоку при усталеному русі – ґрунтової води до дрени (дрена розташована на водотривкому шарі)

Притік ґрунтової води до досконалої глибокої дрени розташованої на водотривкому шарі, відповідно до схеми (рис. 1) можна описати математично. Для розрахунку при ґрунтовому живленні використовуємо рівняння (1) – притоку ґрунтової води до дрени

$$-ky \cdot \frac{dy}{dx} = q_1. \quad (2)$$

Розділивши змінні в рівняннях (2), отримаємо (3)

$$q_1 dx = ky \cdot dy. \quad (3)$$

Проінтегрувавши рівняння (3) за  $x$  в межах від  $x = 0$  до  $x = l_1$  і за  $y$  – від  $y = h_{01}$  до  $y = h_0$ , отримаємо (4) – відстань  $l_1$  від водорозділу систематичних дрен (рис. 1, точка А) до дрени

$$l_1 = \frac{k (h_0^2 - h_{01}^2)}{q_1}, \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт фільтрації ґрунту;  $h_0$  – напір води над дренаю;  $l_1$  – половина відстані між дренами  $h_{01}$  – рівень води в дрені.

Звідки витрата води  $q_1$  з дрени розташованої на водотривкому шарі

$$q_1 = k \frac{h_0^2 - h_{01}^2}{2l_1}. \quad (5)$$

Для варіанту фільтраційних розрахунків (рис. 2), коли одиночна дрена влаштована на невеликій відстані від водотривкого шару витрата  $q$  води з дрени буде дорівнювати

$$q = \frac{k(h - h_0) a}{l} \cdot \alpha + \frac{k(h^2 - h_0^2)}{l}, \quad (6)$$

де  $a$  – різниця залягання водотривкого шару (рис. 2) та осі дрени. Оскільки

$$a = m + \frac{d}{2}, \quad (7)$$

тоді

$$q = \frac{k(h - h_0) \left( m + \frac{d}{2} \right)}{l} \alpha + \frac{k(h^2 - h_0^2)}{l}, \quad (8)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати води на звуження потоку при підході його до дрени

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1 + 0,8 \ln \frac{l}{a}}{\ln \frac{2l}{d} - 1} \quad (9)$$

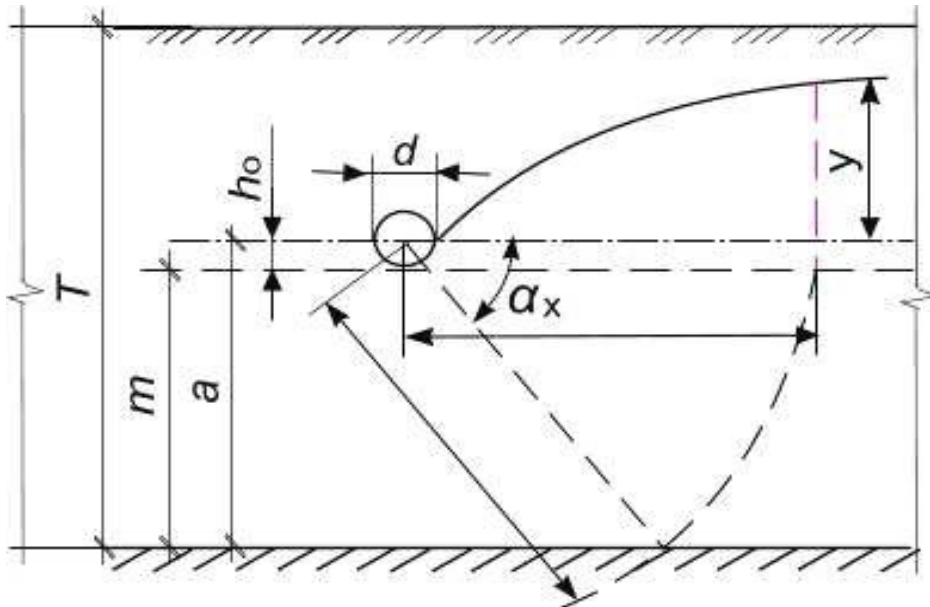


Рис. 2. Схема притоку води до дрени при неглибокому заляганні водотривкого шару

З врахуванням (7) отримаємо

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1 + 0,8 \ln \cdot \frac{l}{\left(m + \frac{d}{2}\right)}}{\ln \frac{2l}{d} - 1} \quad (10)$$

Дослідимо, а як змінюється витрата води з дрени досконалої за характером розкриття водоносного шару, яка має похили від мінімально допустимого  $i=0,002$ , до максимального  $i = 0,01$  (згідно з попередніми дослідженнями).

Для цього побудуємо і проаналізуємо розрахункову схему одиночної дрени (рис. 3).

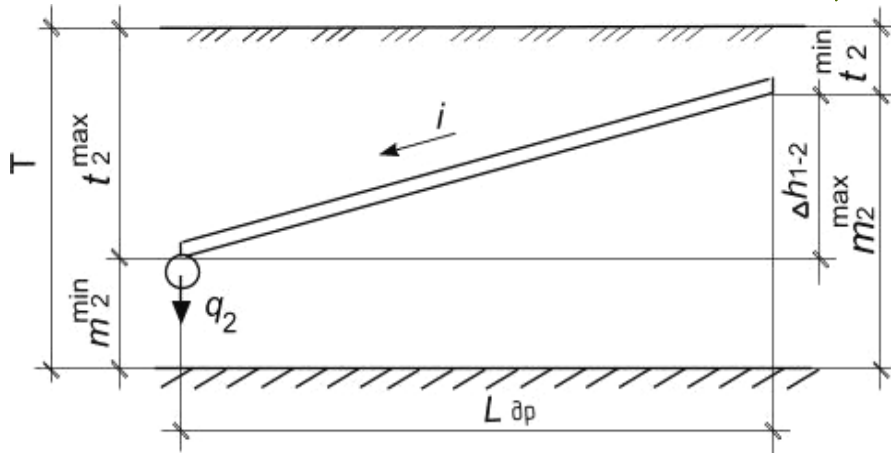


Рис. 3. Схема для визначення зміни гідрологічних характеристик одиної дрени залежно від її похилу

Очевидно (рис. 1), що при похилі дрени  $i > 0$  та горизонтальному розміщенні водотривкого шару на останньому дрена буде знаходитись тільки у гирловій своїй частині, при цьому в напрямку витoku дрени буде віддалятися від водотривкого шару.

Що ж до випадку глибокого розміщення водотривкого шару, то згідно з (8) стік з дрени не залежатиме від відстані між глибиною укладки дрени та заляганням водотривкого шару. Тому можна зробити висновок, що зміна гідрологічних характеристик дрени (рис. 3) за рахунок зміни її похилу буде доцільним лише для випадку неглибокого залягання водотривкого шару.

Проаналізувавши (8) та (10), отримаємо залежності (рис. 4) притоку води до дрени, недосконалої за ступенем розкриття водоносного шару, від положення водотривкого шару.

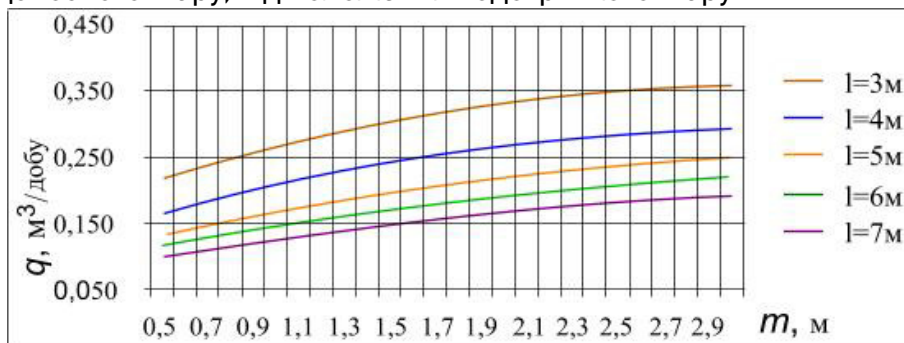


Рис. 4. Графік залежності притоку води до дрени від відстані до водотривкого шару ( $m$ ): ( $k = 1$  м/добу,  $h = 0,6$  м,  $h_0 = 0,025$  м)

Як уже зазначалось, похил дрени може змінюватись від  $i = 0,002$  до  $i = 0,01$ , згідно з [6] рекомендовано приймати довжину дрен мінімальну –  $L_{др} = 50$  м, максимальну  $L_{др} = 150...200$  м. Визначимо, які ж максимальні перепади  $\Delta h_{1-2}$  відміток між гирлом та витоком дрени можливі при різних  $L_{др}$  (рис. 5).

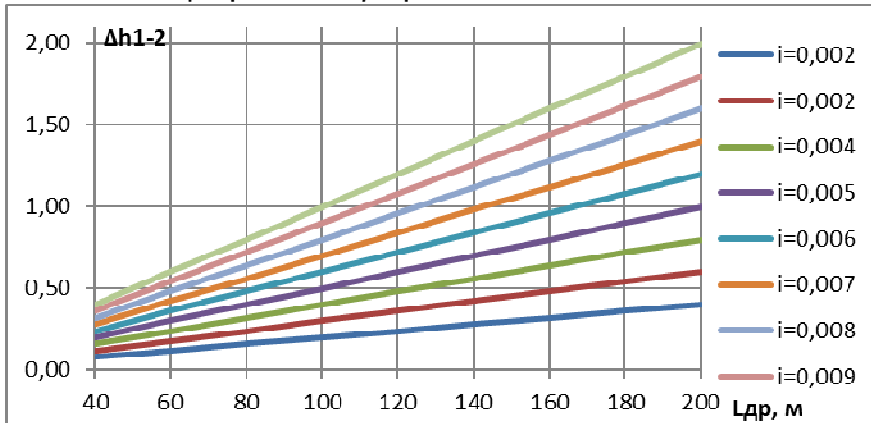


Рис. 5. Графік залежності різниці відміток гирла та витоків дрени  $\Delta h_{1-2}$  від її довжини  $L_{др}$  при різних похилах  $i$

Як видно з рисунка 5, при збільшенні відстані  $\Delta h_{1-2}$  від водотривкого шару (якщо водотривкий шар обмежений по вертикалі горизонтальною площиною) до дрени (рис. 3), збільшується відстань  $L_{др}$  від її гирла та досягатиме максимального значення у витоків частині дрени (рис. 5), при чому величина цього збільшення буде зростати при зростанні похилу дрени.

Згідно з приведеними вище дослідженнями можна зробити висновок, що дрена, укладена по довжині з різною відстанню від водотривкого шару (рис. 3), матиме різні гідрологічні властивості по своїй довжині (питомий притік до дрени, при незмінних гідрогеологічних і ґрунтових умов, в різних частинах її поперечного перетину буде різний).

Також слід зазначити, що при збільшенні  $\Delta h_{1-2}$  по довжині дрени напір  $h$  на над нею буде зменшуватись.

Результати досліджень зміни коефіцієнта  $\alpha$ , який враховує додаткові втрати напору на звуження фільтраційного потоку при підході до реальної дрени та витрати води з дрени, укладеної з різною відстанню  $m$  від водотривкого шару (при збільшенні похилу дрени), приведені на рис. 6. З рисунка 6 видно, що зі збільшенням  $m$  коефіцієнт  $\alpha$  збільшується, а водночас збільшуються витрати води з

дрени.

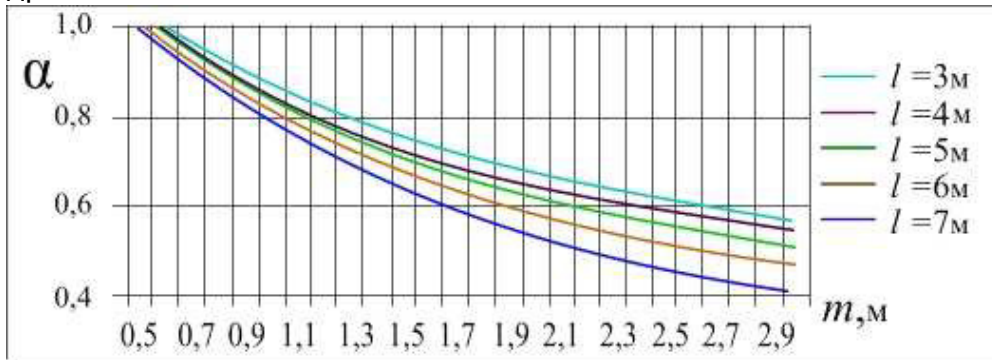


Рис. 6. Графік залежності ( $\alpha$ ) від ( $m$ ) – відстані від водотривкого шару до дрени

Фільтраційні розрахунки і їх аналіз дозволили запропонувати дренажно-модульну систему (ДМС, рис. 7) [7], яка, як показали експериментальні дослідження [8], є більш ефективною для регулювання РГВ, а разом з тим водного режиму ґрунтів.

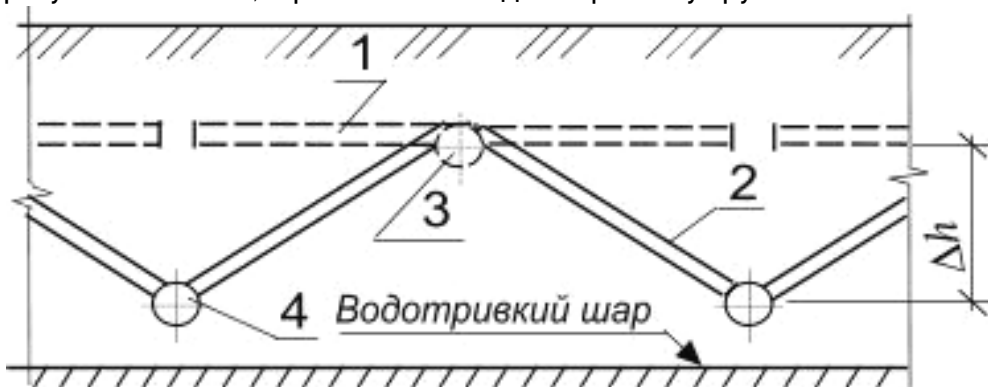


Рис. 7. Загальний вигляд конструкції дренажно-модульної системи з різнорівневим підключенням регулюючих дрен [8]:

- 1 – дрена мілкого закладання; 2 – дрена мілко-глибокого закладання;
- 3, 4 – колектори мілкого і глибокого закладання

Ефективність регулювання РГВ, а разом з тим і водного режиму ґрунтів значною мірою залежить від розрахунків міждренних відстаней. Оскільки основними складовими параметрами розрахунків міждренних відстаней є напір і стік, а від оптимального визначення цих параметрів залежить не тільки динаміка і глибина розташування РГВ, але й вартість влаштування дренажу і в кінцевому розрахунку його економічна ефективність, то з цією метою

було розглянуто різні методики дослідження напору і стоку, основними з яких є теоретичні (гідромеханічні) й емпіричні.

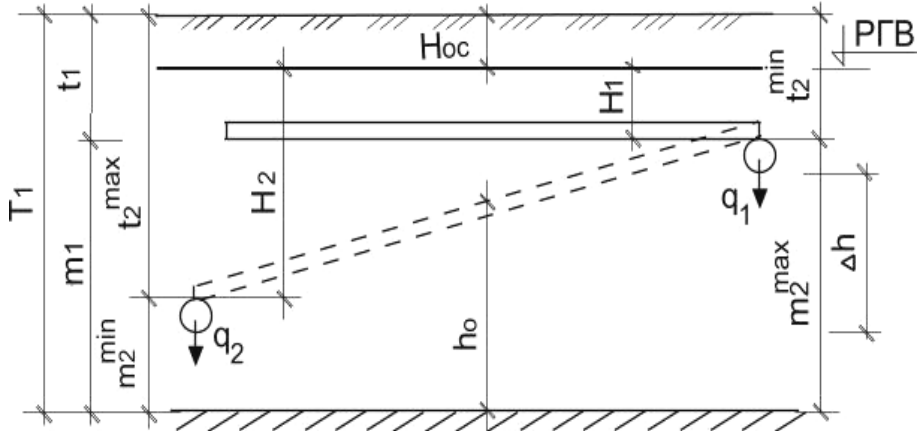


Рис. 8. Схема для дослідження напору і стоку, що є складовими параметрами при розрахунку відстані між дренами ДМС

У статті на основі теоретичних і емпіричних досліджень для знаходження напірно-стокових характеристик дренажного модуля (фрагмент дренажно-модульної системи) (рис. 8) при ґрунтовому живленні, а також для випадку розрахунків міждренних відстаней запропоновано математичну залежність (11).

$$B_{m2} = \frac{k}{2} \left[ \frac{(h_0^2 - m_1^2)}{q_1} + \frac{(h_0^2 - m_2^2)}{q_2} \right], \quad (11)$$

де  $q_1, q_2$  – інтенсивність притоку води до дрена, до глибокої та мілкої відповідно.

Аналіз залежності (11) для розрахунку відстані  $B_{m2}$  між дренами дренажного модуля (рис.8) показує, що вона може бути використана (після простих уточнень), якщо глибока дрена підключена до мілкої та глибокої колекторів одночасно (рис. 7)

$$B_{m2} = \frac{k}{2} \left[ \frac{h_1^2}{q_1} + \frac{h_1^2 + (h_1 + \Delta h)^2}{2q_2} \right], \quad (12)$$

де  $h_1$  – напір на дрена мілкої вкладання;

$h_2$  – напір на дрена глибокої вкладання;

$\Delta h$  – перепад між глибинами вкладання мілкої і глибокої дрена;

$q_1, q_2$  – інтенсивність притоку води до дрена, до глибокої та мілкої



відповідно.

### **Висновки**

1. Дослідженнями встановлено, що дрена, укладена з різною відстанню від водотривкого шару, матиме різні гідрологічні властивості по довжині, а питомий притік до дрени, при незмінних гідрогеологічних і ґрунтових умовах, в різних частинах її поперечної перетину буде різний.

2. Запропоновані інноваційні дренажно-модульні системи забезпечують оптимальне регулювання рівнів ґрунтових вод на дренажах в гумідній зоні.

3. Отримані теоретично-експериментальним шляхом рівняння (11 і 12) можна використовувати для розрахунку при проектуванні відстаней між досконалими дренами мілкою і мілко-глибокою закладання дренажно-модульної системи при ґрунтовому живленні водою.

1. Кожушко Л. Ф. Вдосконалення інженерних рішень при реконструкції дренажних систем. Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво : наук.-техн. зб. Рівне, 1997. Вип. 21. С. 88–93. 2. Маслов Б. С., Станкевич В. С., Черненко В. Я. Осушительно-увлажнительные системы. М. : Колос, 1980. 279 с. 3. Мурашко А. И. Горизонтальный пластмассовый дренаж. Мн. : Ураджай, 1973. 208 с. 4. Олейник А. Я. Геогидродинамика дренажа. Киев : Наукова думка, 1981. 283 с. 5. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Частина 1. *Норми проектування*. Частина 2. *Організація виконання робіт*. Київ, 1999. 174 с. 6. Дренажно-модульна система: пат. № 49770 України: МПК Е02В 3/00. БВ № 17. 2010. 7. Ткачук М. М. Аналіз методик розрахунку відстаней між різноглибокими дренами для проектування дренажно-модульних систем. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2008. Вип. 3(43). С. 112–124. 8. Ткачук Р. М., Рокочинський А. М. Покращення водного режиму ґрунтів дренажно-модульних систем дворівневими регулюючими дренами. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2013. Вип. 4(64). С. 3–11.

### **REFERENCES:**

1. Kozhushko L. F. Vdoskonalennia inzhenernykh rishen pry rekonstruktsii drenazhnykh system. *Hidromelioratsiia ta hidrotekhnichne budivnytstvo* : nauk.-tekhn. zb. Rivne, 1997. Vyp. 21. S. 88–93. 2. Maslov B. S., Stankevich V. S., Chernenok V. Ya. Osushitelno-uvlajnitelnyie sistemyi. M. : Kolos, 1980. 279 s. 3. Murashko A. I. Gorizontalnyiy plastmassovyyiy drenaj. Mn. : Uradjay, 1973. 208 s. 4. Oleynik A. Ya. Geogidrodinamika drenaja. Kiev : Naukova dumka,

1981. 283 s. **5.** DBN V.2.4-1-99. Melioratyvni systemy ta sporudy. Chastyna 1. *Normy proektuvannia*. Chastyna 2. *Orhanizatsiia vykonannia robit*. Kyiv, 1999. 174 s. **6.** Drenazhno-modulna systema: pat. № 49770 Ukrainy: MPK E02V 3/00. BV № 17, 2010. **7.** Tkachuk M. M. Analiz metodyk rozrakhunku vidstanei mizh riznohlybokymy drenamy dlia proektuvannia drenazhno-modulnykh system. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne, 2008. Vyp. 3(43). S. 112–124. **8.** Tkachuk R. M., Rokochynskyi A. M. Pokrashchennia vodnoho rezhymu gruntiv drenazhno-modulnykh system dvorivnevymy rehuliuuchymy drenamy. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. prats. Rivne, 2013. Vyp. 4(64). S. 3–11.

---

**Tkachuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Khlapak M. M., Doctor of Engineering, Professor, Shynkaruk L. A., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Demianiuk A. V., Senior Lecturer** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, m.m.tkachuk@nuwm.edu.ua)

## **REGULATION OF THE SOILS WATER REGIME OF DRAINAGE SYSTEMS FOR THE HUMID ZONE**

**The article deals with water regulation by drainage systems on drained lands, and diagrams of their design parameters are given. The results of analytical studies of regulating drains of drainage-module systems and methods of calculating their parameters during groundwater supply are given.**

**Research has established that a drain laid at different distances from the waterproofing layer will have different hydrological properties along its length, and the specific inflow to the drain, under unchanged hydrogeological and soil conditions, will be different in different parts of its cross-section. Filtration calculations and their analysis made it possible to propose innovative drainage modular systems that provide optimal regulation of groundwater levels on drains in the humid zone, and as experimental studies have shown, are more effective in regulating groundwater levels and, at the same time, the water regime of soils. Studies have also shown that the main component parameters for calculating the distances between regulating drains of modular drainage systems are pressure and flow, and the optimal determination of these parameters depends not only on the dynamics and depth of the groundwater level in the soil, but**

also on the cost of installing a drainage system and, ultimately, calculation, its economic efficiency.

The equations obtained theoretically and experimentally can be used to calculate when designing the distances between perfect drains of shallow and shallow-deep laying of the drainage-module system with soil water supply.

**Keywords:** water regulation; water management systems; drainage – modular systems; groundwater levels; drained lands; water regime.

---