

УДК 626.862.3

Ткачук Р. М., аспірант, **Ткачук М. М.,** д.т.н., професор, **Рокочинський А. М.,** д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРАХУНОК ВІДСТАНЕЙ МІЖ РІЗНОРІВНЕВИМИ ДРЕНАМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНИХ СИСТЕМ

Наведена технологія регулювання рівнів ґрунтових вод за допомогою саморегулюючих дренажних модулів і методика розрахунку відстаней між дренами.

Ключові слова: дренажно-модульна система, рівень ґрунтових вод, дренажні модулі мілкого і глибокого закладання.

Для забезпечення необхідного зниження РГВ у задані строки необхідно розраховувати глибини закладання дрен і відстані між ними. Від оптимального визначення цих параметрів залежить не тільки динаміка і глибина розташування РГВ, але й вартість влаштування дренажу, необхідність в будівельних матеріалах і конструкціях, і в кінцевому розрахунку економічна ефективність дренажу. Для розрахунків міждренних відстаней були розглянуті різні методики, основними з яких являються теоретичні (гідромеханічні) або емпіричні. Перша з них базується на використанні закономірностей руху ґрунтової води в дренажному полі і є в теоретичному плані найбільш обґрунтованим.

Теоретичному і емпіричному визначенню відстаней між дренами присвячена велика кількість наукових праць, зокрема Авер'янова С.Ф. [1], Маслова Б.С. [2], Мурашко А.І. [3], Олійника О.Я. [4], Полякова В.Л. [5], Климкова В.Т. [6], Климко А.І. [7] та інших.

Всі розрахунки відстаней між дренами розподілені на декілька груп:

- від конструкцій дренажних систем;
- з урахуванням недосконалості дрен за характером (від конструкцій дрен) і ступенем розкриття водоносного пласту;
- при усталеній і неусталеній фільтрації ґрунтової води до дрени;
- з урахуванням опадів та випаровування;
- в однорідних та багатошарових ґрунтах тощо.

Розглянемо розрахунок відстаней між дренами дренажних модулів, влаштованих з мілких і глибоких дрен (рис. 1) і порівняємо дослідження дренажних модулів [8], в яких глибока дрена підключається до

глибокого колектора, або до мілкого і глибокого колекторів одночасно [9]. Спочатку розглянемо дренажний модуль, в якому глибока дрена є досконалою за ступенем розкриття водоносного шару, тобто відстань від водотривкого шару до глибокої дрени дорівнює нулю, а мілка дрена є недосконалою за ступенем розкриття водоносного пласту і розташована над водотривким шаром. Але обидві дрени однакові за характером розкриття водоносного шару. Виконаємо розрахунок відстаней між досконалою і недосконалою дренами.

Вперше теоретичний розрахунок відстаней між дренами був проведений для випадку однорідного ґрунту, а дрена розташовувалась на водотривкому шарі – досконала за ступенем і характером розкриття водоносного пласту, а перехоплена дренаю вода рухається до неї під дією градієнта напору і відводиться у вигляді дренажного стоку.

Питомий притік ґрунтової води q , що поступає до систематичних досконалих глибокої і мілкої дрени від водорозділу між дренами (рис. 1), в загальному вигляді описується рівнянням:

$$q = \omega \cdot V, \quad (1)$$

де ω – площа поверхні рівного напору, яка приходить на одиницю довжини дрени; V – швидкість фільтрації води в ґрунті, $V = \frac{dh}{dx}$; $\frac{dh}{dx}$ – градієнт напору, який відповідає даній поверхні напору.

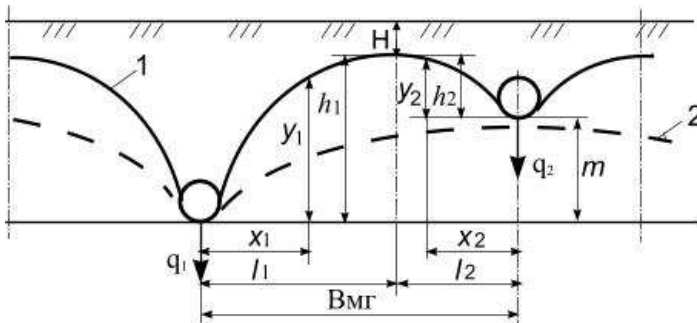


Рис. 1. Схема для розрахунку регулюючого дренажного модуля (глибока дрена на водотривкому шарі паралельна мілкій дрени): 1 – режим формування дренажного стоку в період повеневого циклу (режиму інтенсивного пониження РГВ до посівної норми осушення H); 2 – режим регулювання РГВ впродовж вегетаційного періоду

Притік ґрунтової води до досконалих дрени дренажного модуля при розташуванні глибокої дрени на водотривкому шарі, відповідно до

схеми (рис. 1) можна описати математично. Для розрахунку відстані між мілкою і глибокою дренами дренажного модуля за схемою (рис. 1) при ґрунтовому живленні використаємо рівняння (1) – притоку ґрунтовій воді до глибокої (2) та мілкої (3) дрен.

$$\left. \begin{aligned} ky_1 \cdot \frac{dy_1}{dx_1} &= q_1 (l_1 - x), \\ -ky_2 \cdot \frac{dy_2}{dx_2} &= q_2 (l_1 + l_2 - x). \end{aligned} \right\} \begin{matrix} (2) \\ (3) \end{matrix}$$

Розділивши змінні в рівняннях (2 і 3) і проінтегрувавши рівняння за x і за y , отримаємо відстань від водорозділу, між систематичними глибокою і мілкою дренами, до цих дрен:

$$l_1 = 2\sqrt{\frac{k(h_1^2 - h_{01}^2)}{q_1}}; \quad (4)$$

$$l_2 = 2\sqrt{\frac{k(h_1^2 - m^2 - h_{02}^2)}{q_2}}, \quad (5)$$

де l_1, l_2 – відстані від максимального РГВ у міждренні, відповідно, до глибоких і мілких дрен (у формулах 4 і 5 врахований напір води в дренах);

h_1 – максимальний рівень ґрунтовій воді у міждренні (див. рис. 1);

k – коефіцієнт фільтрації ґрунту.

Для дренажного модуля (рис. 1), що включає паралельно розташовані систематичні дрени мілкої і глибокої закладки [8], повна відстань від водорозділу до цих дрен, враховуючи, що $B_{мг} = l_1 + l_2$, буде дорівнювати

$$B_{мг} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - h_{01}^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m^2 - h_{01}^2)} \right], \quad (6)$$

де h_1 – максимальний рівень ґрунтовій воді у міждренні, м;

m – потужність водоносного шару під мілкою дренаю, м;

h_{01}, h_{02} – напір в мілкій та глибокій дренах;

q_1, q_2 – інтенсивність притоку води до дрен, відповідно до глибокої та мілкої закладання.

Півсума притоків води q_1, q_2 , відповідно до мілкої та глибокої дрен, є середньодобовою інтенсивністю притоку води до ґрунтових вод \bar{q} :

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2}{2}. \quad (7)$$

Середньодобову інтенсивність притоку води до ґрунтових вод можна визначити використовуючи рівняння водного балансу:

$$M = E - (\Delta W + P), \quad (8)$$

де E – сумарне випаровування за розрахунковий період, м³/га;

ΔW – продуктивний запас вологи на початок розрахункового періоду, м³/га;

P – сума опадів, м³/га.

В цьому випадку регулювання величини M є проблематичним, оскільки осушувальні системи працюють в основному на відведення води з кореневмісного шару. При використанні замість звичайного дренажу дренажних модулів, та з урахування рекомендацій [1] рівняння матиме вигляд:

$$\bar{q} = (1 - \alpha)P - E + \Delta W, \quad (9)$$

де α – коефіцієнт, який враховує долю атмосферних опадів, які надійшли на підживлення ґрунтових вод.

Дренажний стік \bar{q} розподіляється (10, 11) між глибокою і мілкою дренами у співвідношенні:

$$q_1 = a_1 \cdot \bar{q}, \quad (10)$$

$$q_2 = a_2 \cdot \bar{q}. \quad (11)$$

Коефіцієнти a_1 і a_2 залежать від різниці глибин Δh – вкладання в

грунт мілкої та глибокої дрен, та пов'язані між собою співвідношенням:

$$a_2 = 2 - a_1. \quad (12)$$

Коефіцієнт a_1 – визначений дослідним шляхом для різних значень перепаду Δh між мілкою та глибокою дренами, що є паралельно розташованими в плані та по висоті (таблиця).

Таблиця

| | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| Перепад між дренами Δh , м | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| Коефіцієнт a_1 | 1,069 | 1,092 | 1,116 |

Результати експериментальних досліджень розподілу стоку між мілкими та глибокими дренами при перепаді Δh регулюючого дренажного модуля, наведені на графіку (рис. 2).

До графіка (рис. 2) можна зробити висновок, що різниця стоку між мілкою та глибокою дренами, зумовлена різницею глибин Δh вкладання цих дрен в ґрунт, що, в свою чергу, є визначальним для створення регулюючого ефекту на осушувальній мережі. Разом з тим, незважаючи на характер і особливості формування дренажного стоку, стік з глибокої дрени суттєво відрізняється від стоку з мілкої дрени (при $\Delta t = 0,2$ м – 18%; $\Delta t = 0,4$ м – 30%; $\Delta t = 0,6$ м – 24%, що в середньому складає 24%), а тому зрозуміло, що на стік з дрен впливає перепад Δh між мілкою і глибокою дренами.

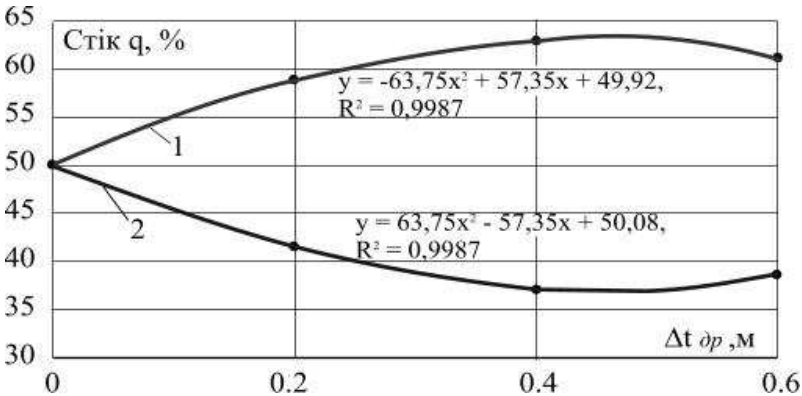


Рис. 2. Графік розподілу стоку між глибокою (1) і мілкою (2) дренами при $\Delta t = 0$, $\Delta t = 0,2$ м, $\Delta t = 0,4$ м і $\Delta t = 0,6$ м

Якщо порівняти з стоком з традиційних дрен, то є очевидним, що простежується акумулюючий ефект, що створюється дренажним модулем, особливо на цей результат впливає мілка дрена, яка, разом з тим, активно працює на інтенсивне пониження рівня ґрунтових вод, що поповнюються за рахунок інфільтраційного живлення. Дослідження також показують, що стік з дренажного модуля при $\Delta t = 0,2$ м, $\Delta t = 0,4$ м, $\Delta t = 0,6$ м, значно менший (до 35%) в порівнянні зі стоком з традиційних дрен.

Середньодобову інтенсивність притоку води \bar{q} до ґрунтових вод (7), можна визначити за формулою (8) – розрахунком водного балансу.

Розрахунок сумарного випаровування проводимо за формулою Янголя А.М. (13) :

$$E = \alpha' \cdot Y + n \cdot \sum D, \quad (13)$$

де α' – коефіцієнт водоспоживання;

Y – проектна врожайність, т/га;

n – коефіцієнт, що залежить від середньої норми осушення у вегетаційний період;

D – дефіцит вологості.

Продуктивний запас вологи визначаємо за формулою

$$\Delta W = \rho \cdot h_a (\gamma_{opt} - \gamma_{min}), \quad (14)$$

де $\gamma_{opt}, \gamma_{min}$ – відповідно оптимальний і мінімально допустимий запас вологи в ґрунті, у %; h_a – глибина активного шару ґрунту; ρ – шпаруватість ґрунту.

Використавши (9), можна отримати середнє значення дренажного стоку \bar{q} . Дренажний стік \bar{q} розподіляється між глибокою і мілкою дренами у співвідношенні (див. табл. 1) і формули (10 і 11).

За такою ж методикою можна обрахувати відстані між дренами для перепадів 0,4 м і 0,6 м для дренажного модуля, влаштованого з дрен мілкої і глибокої закладки, для випадку, коли дрени є паралельними.

Розглянемо випадок, коли дрена глибокого закладання підключена до мілкої і глибокого колекторів, і в якій лише гирлова частина знаходиться на водотривкому шарі (найближче підходить до водотривкого шару), а майже вся її довжина знаходиться над водотрив-

ким шаром (рис. 4). З рисунку також видно, що витокова частина глибокої дрени розташовується на глибині дрени мілкового закладання.

Тому для знаходження гідрологічних характеристик дренажного модуля при ґрунтовому живленні, можна використати розрахункову формулу (6) [2]. Якщо при цьому, величинами h_{01}^2 , h_{02}^2 (6) знехтувати, оскільки вони є значно меншими за h_0^2 , m_1^2 , m_2^2 , тоді формула (15) матиме вигляд:

$$B_{мг} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} h_1^2} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (15)$$

Для розрахунку відстані між мілкою і глибокою дренами, що знаходяться над водотривким шаром можна використати наступну формулу:

$$B_{мг} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_1} (h_1^2 - m_1^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_2} (h_1^2 - m_2^2)} \right]. \quad (16)$$

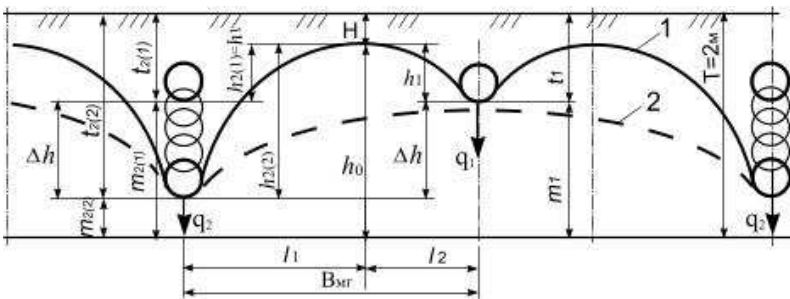


Рис. 3. Схема для дослідження гідрологічних характеристик мережі і розрахунку відстані між дренами регулюючого дренажного модуля (глибока дрена підключена до мілкового і глибокого колекторів одночасно): 1 – режим формування дренажного стоку в період повеневого циклу (режиму інтенсивного пониження РГВ до посівної норми осушення H), 2 – режим регулювання РГВ впродовж вегетаційного періоду

Розглянемо дренажний модуль, в якому глибока дрена підключається до мілкового і глибокого колекторів одночасно (рис. 3).

Згідно розрахункової схеми (рис. 3), напір h_1 на дрена мілкої закладки в ґрунт, при сталому РГВ, не змінюється по її довжині (у витоківій і у гирловій частині) і становить h_1 , тому визначити його мож-

на за наступною залежністю

$$h_1 = h_0 - m_1. \quad (17)$$

Напір на дрени глибокої закладки, при сталому РГВ, буде змінюватися по довжині дрени від $h_2 > h_1$, при цьому найменше його значення буде у витоковій частині дрени і дорівнюватиме значенню мілкої дрени (див. рис. 4), і визначатиметься як

$$h_{2(1)} = h_1 = h_0 - m_2^{\max}. \quad (18)$$

Найбільший напір h_2 на дрени глибокої закладки буде у гирловій частині дрени

$$h_{2(2)} = h_0 - m_2^{\min}. \quad (19)$$

Виходячи з розрахункової схеми (рис. 3) та формул (3), (4), (5), напір на дрени глибокої закладки буде змінюватися в межах

$$h_0 - m_2^{\max} \leq h_2 \leq h_0 - m_2^{\min}. \quad (20)$$

Якщо використати формулу приведені формули, а вихідні дані прийняти близькими до реальних, то можна побудувати графіки залежності $q = f(H)$, для різних відстаней між дренами мілкої та глибокої закладки (глибока дрена підключена до мілкого та глибокого колекторів одночасно).

З графіка (рис. 4) можна зробити висновок, що якщо глибока дрена підключена одночасно до мілкого та глибокого колекторів, стік з неї змінюється по довжині – від стоку (значення якого дорівнює стоку з мілкої дрени), до стоку, що дорівнює max значенню, при max напорі, в гирловій частині глибокої дрени.

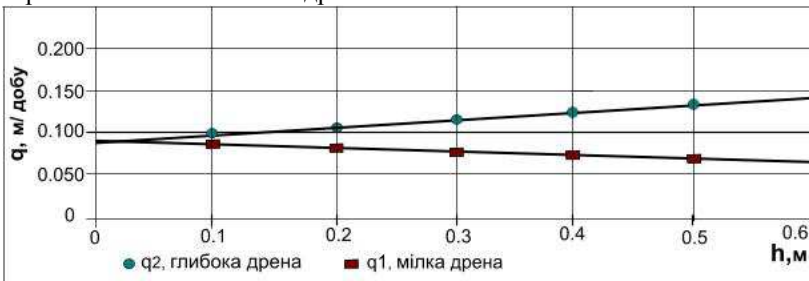


Рис. 4. Графік зміни питомого стоку q від напору h ($k_\phi=1$), по довжині дрен глибокого та мілкого вкладання, при їх спільній роботі (рис. 3)

Аналіз залежності (16) – для розрахунку відстані між дренами дренажного модуля (рис. 1), показує, що вона може бути використана (після простих уточнень) для розрахунку дренажного модуля (рис. 3), в якому глибока дрена підключена до мілкою та глибокого колекторів одночасно.

$$B_{мз} = 2 \left[\sqrt{\frac{k}{q_2} (h_0^2 - \Delta h^2)} + \sqrt{\frac{k}{q_1} (h_0^2 - m_1^2)} \right], \quad (21)$$

де h_0 – максимальний рівень ґрунтової води у міждренні, м;

h_1 – потужність водоносного шару під мілкою дренаю, м;

Δh – перепаду між глибинами вкладання мілкої і глибокої дрен;

q_1, q_2 – інтенсивність притоку води до дрен, відповідно, до глибокої та мілкої.

Формулу (21) можна використовувати для теоретичного розрахунку відстаней між мілкою та глибокою дренами – для випадку однорідного ґрунту і, якщо глибока дрена є частково досконала за ступенем розкриття водоносного шару (у гирловій частині сягає водотривкого шару) і досконала за характером розкриття водоносного пласту. А глибина дрени глибокого закладання змінюється від витоку до гирла.

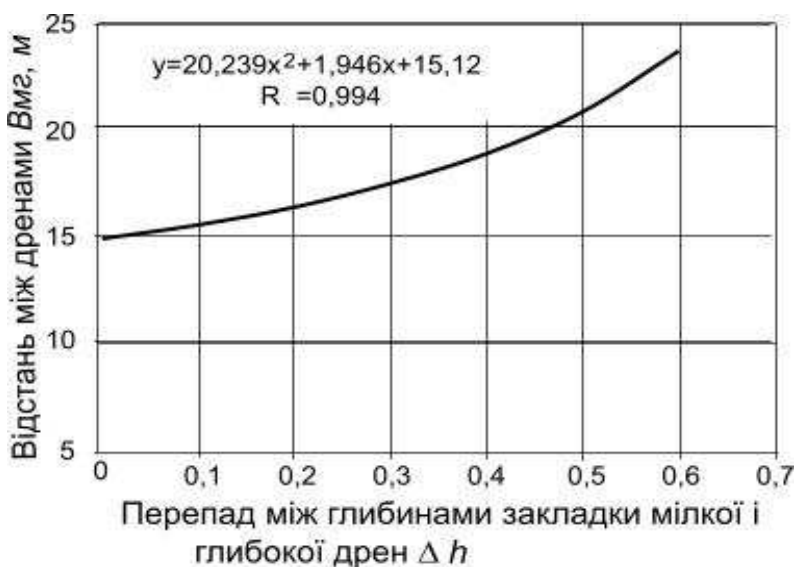


Рис. 5. Залежність ($B_{mz} = f(\Delta h)$) – міждренної відстані B_{mz} від перепаду між глибинами закладки мілкої і глибокої дрен Δh

Аналізуючи гідрологічну дію дренажних модулів (яка, найбільшим чином, є визначальною для проектування відстаней між дренами) при різних варіантах закладки глибоких дрен, можна стверджувати, що підключена до мілкої і глибокого колекторів дрена одночасно (рис. 3) відіграє важливу роль під час критичного (під руслового) водного режиму – періоду весняних паводків під час повені, чи паводків, що виникають від літніх зливових дощів. В результаті досліджень нам вдалось розробити дренажно-модульні системи (рис. 1 і рис. 3) і дослідити, що вони є ефективними для регулювання рівнів ґрунтових вод, що дозволяє вирішувати економічні, екологічні і господарські проблеми, які виникають в ринкових умовах.

З другого боку, дослідження гідрологічної дії дренажних модулів (рис. 1 і рис. 3) дозволяє розробляти і проектувати конструкції дренажно-модульних систем, удосконалювати їх конструктивні параметри і технічні характеристики (в тому числі відстані між дренами), з врахуванням конкретних гідрогеологічних і погодних умов.

Висновки:

1. З зменшенням напору на глибоку дрена, підключену одночасно до мілкої і глибокого колекторів, стік з неї зменшується, до об'єму

рівному об'єму з мілкої дрени, що дозволяє зменшувати стік з дрен, особливо в літній період, і в більшій мірі акумулювати ґрунтові води в кореневмісному шарі і рівномірно, впродовж вегетаційного періоду, забезпечувати с/г культури водою.

2. Стік q з глибокої дрени, підключеної одночасно до мілкого і глибокого колекторів, змінюється по довжині глибокої дрени (від витоку до гирла), залежно від напору H , від 0,62 до 0,02 м/добу, що дозволяє в більш довші строки у вегетаційний період забезпечувати культури ґрунтовою водою.

3. При спільній роботі дрен глибокого і мілкого вкладання, на стік з мілкої дрени впливає глибока дрена і чим більший напір буде в гирлі на глибоку дрена, тим менший стік спостерігається з мілкої дрени і навпаки.

4. На основі даних досліджень дренажних модулів можемо стверджувати, що дренажні модулі є більш досконаліми способами саме для регулювання водного режиму ґрунтів, і це вимагає подальших досліджень їх гідрологічної дії.

1. Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / С. Ф. Аверьянов. – М. : Колос, 1978. – 288 с.
2. Маслов Б. С.осушительно-увлажнительные системы / Маслов Б. С., Станкевич В. С., Черненко В. Я. – Москва : Колос, 1981. – 279 с.
3. Мурашко А. И. Горизонтальный пластмассовый дренаж / Мурашко А. И. – Мн. : Ураджай, 1973. – 208 с.
4. Олейник А. Я. Геогидродинамика дренажа / А. Я. Олейник. – Киев : Наукова думка, 1981. – 283 с.
5. Поляков В. Л. Расчет совместного действия двух дренажных систем / В. Л. Поляков // Гидравлика и гидромеханика. – Киев : Техніка, 1997. – Вып. 58. – С. 78-84.
6. Климков В. Т. Совершенствование конструкций мелиоративных систем на основе полимерных материалов : автореферат дисс. на соиск. уч. степени д.т.н. / Климков В. Т. – Минск, 1996. – 33 с.
7. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / Климко А. И. и др. – М. : Колос, 1979. – 143 с.
8. Ткачук М. М. Аналіз методик розрахунку відстаней між різноглибокими дренами для проектування дренажно-модульних систем / М. М. Ткачук // Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. – Вип. 3(43). – Рівне, 2008. – С. 112-124.
9. Ткачук Р. М. Покращення водного режиму ґрунтів дренажно-модульних систем дворівневими регулюючими дренами / Ткачук Р. М., Рокочинський А. М. // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. – Вип. 4(64). – Рівне, 2013. – С. 3-11.

Рецензент: д.т.н., професор Кожушко Л. Ф. (НУВГП)

Tkachuk R. M., Post-graduate Student, Tkachuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Rokochynskiy A. M., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water Management and Nature

Resources Use, Rivne)

**THE CALCULATION OF INTER-DRAIN DISTANCES UNDER
THE IMPACT OF DRAINAGE MODULE SYSTEM ON
PUMP-DRAIN PARAMETERS OF WATER REGIME**

The technology of the ground water level regulation with the help of self-regulated modules is presented and the methodology of distances calculation between drains.

Keywords: drain-module system, the ground water level, drain-modules of small and big depth.

Ткачук Р. Н., аспирант, Ткачук Н. Н., д.т.н., профессор,
Рокочинский А. Н., д.т.н., профессор (Национальный университет
водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

**РАСЧЕТ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ РАЗНОУРОВЕННЫМИ
ДРЕНАМИ ДРЕНАЖНО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Представлена технология регулирования уровней грунтовых вод с помощью саморегулирующих дренажных модулей и методика расчета расстояний между дренами.

Ключевые слова: дренажно-модульная система, уровень грунтовых вод, дренажные модули мелкой и глубокой укладки.
