УДК 631. 62

Ткачук М.М., д.т.н., професор, Кухнюк Н.В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ РІЗНОГЛИБОКИХ ДРЕН ТА ГІДРОРЕГУЛЯТОРА, ВСТАНОВЛЕНОГО НА ГЛИБОКІЙ ДРЕНІ

Наведено результати лабораторних досліджень роботи гідравлічного регулятора, влаштованого на глибокій дрені дренажно-модульної системи. Визначено об'єми стоку, питомі стоки з різноглибоких дрен, а також криві депресії при роботі гідравлічного регулятора на глибокій дрені та за його відсутності.
Ключові слова: рівень ґрунтових вод, дренажно-модульна система, гідравлічний регулятор, об'єм стоку, крива депресії, водний режим ґрунту.

Представлены результаты лабораторных исследований работы гидравлического регулятора, устроенного на глубокой дрене дренажно-модульной системы. Определены объемы стока, удельные стоки с дрен, которые устроены на разной глубине, а также кривые депрессии при работе гидравлического регулятора на глубокой дрене и при его отсутствии.
Ключевые слова: уровень грунтовых вод, дренажно-модульная система, гидравлический регулятор, объем стока, кривая депрессии, водный режим почв.

Deals with the laboratory experiments results of hydraulic regulator located on a deep drain of drainage-modules systems. The mass runoff, specific runoff from different depth drains, and depression curves, when hydraulic control located on a deep drain and in its absence, are defined.
Keywords: ground water level, drainage-modular system, hydraulic control, mass runoff, depression curve, soil water retention.

В районах Західного Полісся і Північного Лісостепу України знаходяться переважно перезволожені мінеральні та торфоболотні ґрунти, для яких характерним є неглибоке залягання ґрунтових вод, а також надлишкове і нерівномірне в часі зволоження ґрунтів. Для цих територій гідрологічний режим визначається головним чином атмосферними опадами, тому залишається актуальною проблема підтоплення, що призводить до зниження продуктивності земель сільськогосподарського призначення до 50% [1].

В останніх дослідженнях британських вчених прогнозуються різкі зміни клімату в Україні від сильних посух до повеней [2]. Кліматичні зміни спри-

чиняють незадовільний водний режим ґрунту, що є нехарактерним для цієї зони. Крім того, зростання зволоженості зумовлює підйом середнього рівня ґрунтових вод (РГВ) [3]. В публікаціях [3-8] вчені (Залеський І.І., Веремеєнко С.І, Козловський Б.І, Кульбіда М.І., Лазарчук М.О., Сапсай Г.І.) зазначають, що характерний хід динаміки РГВ впродовж року є вкрай нерівномірний; особливо несприятливі умови вологозабезпеченості складаються у весняно-літній період вегетації. Максимальний підйом рівня води припадає на березень-квітень, високий РГВ спостерігається також впродовж липня, що пояснюється піком атмосферних опадів. Така ситуація значно позначається на урожайності і потребує всебічного аналізу.

Враховуючи значну мінливість гідрометеорологічних факторів, на цих землях необхідне будівництво нових і реконструкція застарілих меліоративних систем, які забезпечать комплексне використання водних ресурсів у зоні системи, на основі перерозподілу і максимального регулювання місцевого стоку. На нашу думку, такими системами в зоні осушення є дренажно-модульні системи (ДМС) [9].

Зокрема, нами пропонується удосконалення таких систем за рахунок влаштування в гирлах глибоких дрен запірної арматури (регуляторів), що дозволить здійснювати регулювання РГВ на відносно великих територіях з розвинутим рельєфом, збільшить об’єм вологи, яка акумулюється системою та забезпечить рівномірний її розподіл в кореневмісному шарі ґрунту на землях, що осушуються [10].

Для розробки науково обґрунтованих рекомендацій, в лабораторії кафедри гідромеліорації НУВГП були проведені експериментальні дослідження ефективності використання гідравлічних регуляторів на дренажних модулях.

Мета досліджень полягала в аналізі та оцінці сумісної роботи гідравлічного регулятора, який розміщується на глибокій дрені та дренажно-модульної системи, обґрунтування розташування регулятора, його конструкції і геометричних розмірів.

Дослідження проводились на експериментальній установці (великий фільтраційний лоток) довжиною 6,4 м, висотою 1,1 м і шириною 0,8 м (рис. 1).

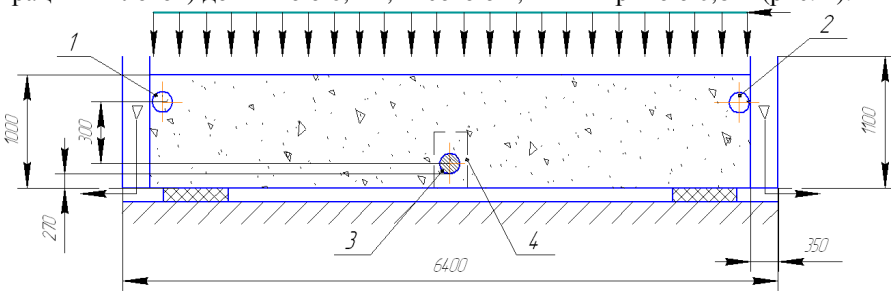


Рис. 1. Схема експериментальної установки:
1, 2 – мілкі дрени; 3 – глибока дрена; 4 – заглиблений колодязь

В поперек лотка на глибині 0,6 м від дна лотка були розміщені дві мілкі дрени, на глибині 0,27 м – глибока. Відстань між мілкими дренами складала 5,3 м.

На глибокій дрені встановлювався гідравлічний регулятор, за допомогою якого підтримувався необхідний РГВ, або дрена виключалася з роботи. Конструкція регулятора та принцип дії розглянуто в [11].

Дрени розміщувались горизонтально з похилом i=0,005. В якості дрени використовувалась перфорована труба із поліпропілену діаметром 50 мм, з фільтром із нетканих матеріалів в один шар. Труби неперервні з 4 рядами круглих отворів, розміщених на зовнішніх гофрах через 90° по периметру. Загальна площа вхідних отворів (перфорації) складала біля 10 см^2/пог. м [12].

В якості ґрунту використовувався середньозернистий пісок, з коефіцієнтом фільтрації 3,9 м/добу.

Контуром живлення служили інфільтраційний розподілювач та відсіки, відокремлені в лотку решітками. Рівні води задавались за допомогою водозливів, що регулюються.

Дослідження проводились поступенево з постійною витратою води на кожній ступені. Зі шкал вертикальних трубчастих п'єзометрів покази знімались з похибкою ± 1 мм. Напори в лотку вимірювались п'єзометрами за методикою А.М. Мурашко [12], причому в зоні навколо дрен розміщення п'єзометрів було густішим. Схема розміщення п'єзометрів у лотку показана на рис. 2.

Середня швидкість води визначалась по виміряній витраті і площі перерізу дрени. Для отримання достовірних значень напорів при кожній встановленій витраті дані знімалися 3-4 рази і в розрахунок приймалось середнє значення напору. Фактична площа поперечного перерізу дрени знаходилась шляхом безпосереднього виміру. Кінематична в'язкість води встановлювалася залежно від її температури за таблицею 1.4 у [13].

Під час дослідів фіксували: стік з дрен (витрата води), покази п'єзометрів, температура води на вході та виході.

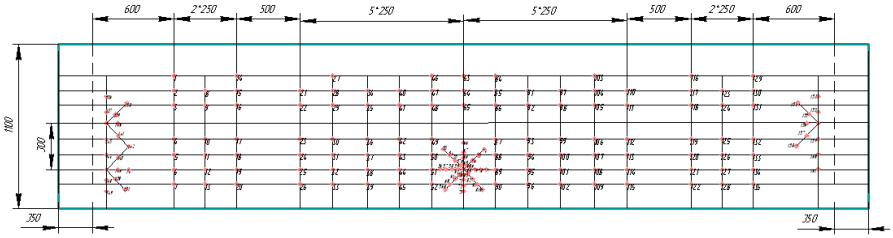


Рис. 2. Схема розміщення п'єзометрів у лотку

Досліди проводились за таких умов:

1. Рівень ґрунтових вод знаходиться вище поверхні ґрунту при вивченні підруслового режиму роботи дрен, заслінка на глибокій дрені – відкрита.
2. Ґрунтове живлення при різних напорах, які встановлювались в бокових відсіках лотка. Величина відкриття заслінки регулюється залежно від

зміни РГВ.

3. Рівень ґрунтових вод знаходиться на мінімальному рівні при вивченні властивостей дренажного модуля зберігати необхідну вологу в ґрунті, заслінка на глибокій дрені – закрита.

4. Спад та зростання рівня ґрунтових вод для фіксування включення в роботу регулятора.

При дослідженні спільної роботи ДМС з гідравлічним регулятором дренажного стоку були отримані наступні дані: 1) стік з дрен, 2) картини розподілу ліній рівних напорів в міждренній смузі, 3) зони впливу дрен, 4) акумулююча спроможність дренажного модуля, 5) криві депресії при спільній роботі мілкої дрени та глибокої дрени з гідравлічним регулятором.

Отримані дані дослідів представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл стоку між дренами дренажного модуля

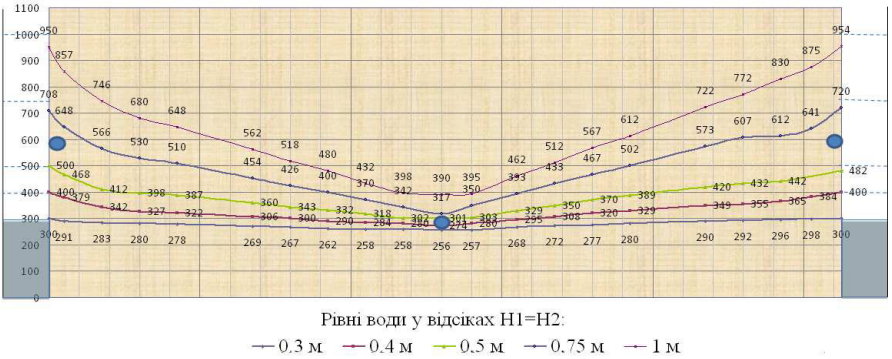
Живлення	П'єзометричний напір, см $H_1=H_2$	Дрени	Глибина укладки t, м	Варіант 1 Глибока дрена працює без регулятора			Варіант 2 Глибока дрена працює з регулятором		
				Об'єм стоку Q, $см^3$	Питомий стік q, $см^3$\с.пог.см	Розподіл стоку, %	Об'єм стоку Q, $см^3$	Питомий стік q, $см^3$\с.пог.см	Розподіл стоку, %
Ґрунтове	30	Мілка 1	0,41	-	-	-	-	-	-
		Глибока	0,71	0,62	0,01	100	-	-	-
		Мілка 2	0,41	-	-	-	-	-	-
	40	Мілка 1	0,41	-	-	-	-	-	-
		Глибока	0,71	2,24	0,04	100	-	-	-
		Мілка 2	0,41	-	-	-	-	-	-
	50	Мілка 1	0,41	-	-	-	-	-	-
		Глибока	0,71	5,98	0,10	100	-	-	-
		Мілка 2	0,41	-	-	-	-	-	-
									продовження табл. 1
	75	Мілка 1	0,41	6,59	0,11	30,56	7,31	0,12	48
		Глибока	0,71	9,55	0,16	44,44	2,21	0,04	16
		Мілка 2	0,41	5,11	0,09	25	5,48	0,09	36
	100	Мілка 1	0,41	15,81	0,26	18,31	17,72	0,29	44,62
		Глибока	0,71	56,69	0,94	66,20	6,39	0,11	16,92
		Мілка 2	0,41	13,44	0,22	15,49	15,57	0,25	38,46
Інфільтраційне	-	Мілка 1	0,41	10,63	0,17	28,33	7,68	0,13	28,89
		Глибока	0,71	17,76	0,30	50	11,03	0,18	40
		Мілка 2	0,41	7,96	0,13	21,67	8,34	0,14	31,11

Примітка. Розрахункова довжина дрени, що досліджувалася, приймалась $L_{др}$ =0,6 м.

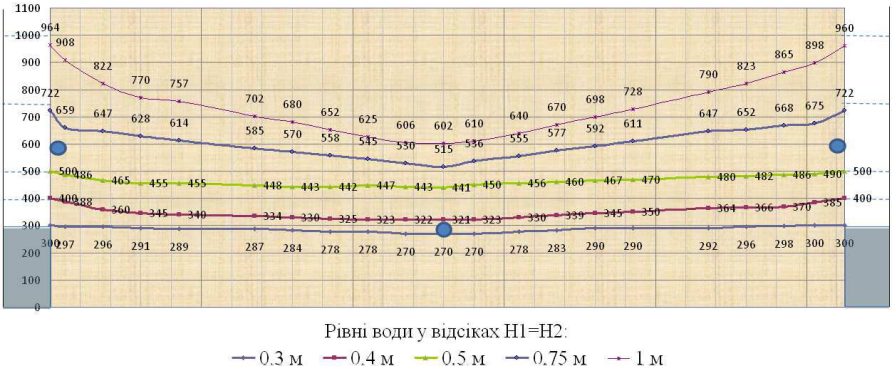
З дослідів видно (табл. 1), що стік з глибокої дрени при наявності регулятора значно зменшується, а стік з мілкої дрени, в двох варіантах, змінюється мало. Аналіз результатів експерименту вказує на відносно високі регулюючу та акумулюючу спроможності дренажного модуля.

Отримані експериментальні дані у вигляді графіків кривих депресії показані на рис. 3.

а)



б)



в)

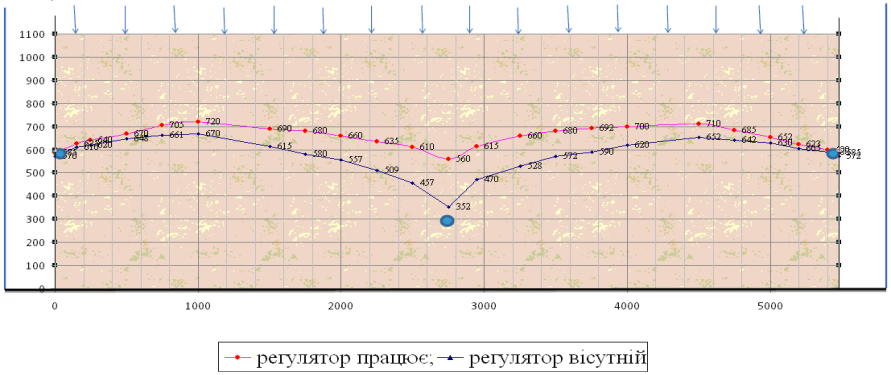


Рис. 3. Криві депресії при дослідах:
а) ґрунтове живлення, з різними напорами в бокових відсіках (регулятор відсутній);
б) ґрунтове живлення, з різними напорами в бокових відсіках (регулятор працює);
в) інфільтраційне живлення (при роботі та відсутності регулятора)

Встановлені закономірності зміни депресійних кривих при різних зовнішніх умовах дозволять раціонально проектувати регулюючі елементи осушувальної системи.

Таблиця 2

Експериментальні значення пониження рівня ґрунтових вод при роботі гідравлічного регулятора встановленого на глибокій дрені

РГВ від дна лотка, при роботі гідравлічного регулятора, мм										
на поч.	через 30хв	через 40 хв	через 44 хв	через 55 хв	через 1 год	через 1 год 20хв	через 1 год 28 хв	через 1 год 40 хв	через 2 год 40 хв	через 2 год 50 хв
1000	930	820	800	740	700	625	600	575	550	510

продовження табл. 2

РГВ, після виключення з роботи регулятора, мм							
на поч.	через 15хв	через 45 хв	через 50 хв	через 2 год 10 хв	через 2 год 40хв	через 3 год	через 3 год 30 хв
500	480	410	400	300	290	280	280

За даними табл. 2 та рис. 3 можна зробити висновок, що використання гідравлічного регулятора на глибокій дрені забезпечує рівномірне пониження РГВ до необхідної норми осушення в досліджуваному лотку та подальше утримання даної норми на сталому рівні (прийнято 0,5 м).

Наступним завданням було визначення акумулюючої спроможності дренажного модуля при роботі регулятора.

На основі експериментальних даних складаємо розрахункову схему (рис. 4):

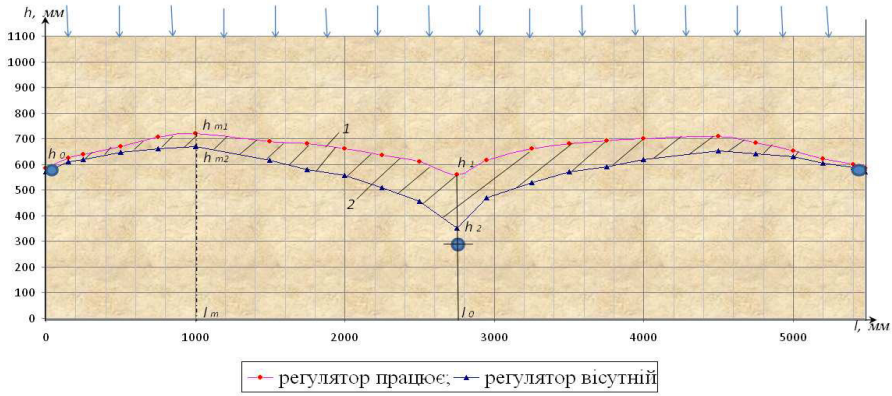


Рис. 4. Розрахункова схема для визначення акумулюючої спроможності дренажної системи (модуля) при інфільтраційному живленні:

h_0 – напір води над мілкою дреною, м; h_1, h_2 – напори води над глибокою дреною, м; h_{m1}, h_{m2} – максимальні напори,м; l_0 – відстань між мілкою та глибокою дренами, м;

l_m – відстань між мілкою дреною та найбільшим значенням напору, м;

1 – дренажно-модульна система працює з регулятором; *2* – регулятор відсутній

Очевидно, що величину акумулюючої спроможності ДМС можна визначити як площу між депресійними кривими 1 і 2 (заштриховано).

Криві депресії апроксимуємо рівнянням параболи такого вигляду:

$$y = ax^2 + bx + c, \tag{1}$$

де *a, b, c* – коефіцієнти апроксимації.

Крива 1:

$$a_1 = \frac{\frac{h_1}{l_0} - \frac{h_{m1}}{l_m}}{l_0 - l_m} + \frac{h_0}{l_0 \cdot l_m};\ b_1 = \frac{h_{m1}\frac{l_0}{l_m} - h_1\frac{l_m}{l_0}}{l_0 - l_m} - \frac{h_0 \cdot (l_0 + l_m)}{l_0 \cdot l_m};\ c_1 = h_0.$$

Крива 2:

$$a_2 = \frac{\frac{h_2}{l_0} - \frac{h_{m2}}{l_m}}{l_0 - l_m} + \frac{h_0}{l_0 \cdot l_m};\ b_2 = \frac{h_{m2}\frac{l_0}{l_m} - h_2\frac{l_m}{l_0}}{l_0 - l_m} - \frac{h_0 \cdot (l_0 + l_m)}{l_0 \cdot l_m};\ c_2 = h_0.$$

В результаті інтегрування отримано вираз для визначення акумулюючої спроможності дренажної системи

$$A = (a_1 - a_2) \cdot \frac{l_0^3}{3} + (b_1 - b_2) \cdot \frac{l_0^2}{2}. \tag{2}$$

Розрахунки проведені для таких даних (взято із експерименту рис. 3):

$h_0 = 0.58$ м; $h_{m1} = 0.72$ м; $h_{m2} = 0.67$ м; $h_1 = 0.56$ м; $h_2 = 0.352$ м;

$l_0 = 2.65$ м; $l_m = 1$ м.

Розрахункові величини:

$a_1 = -0.091$ м$^{-1}$; $a_2 = -0.107$ м$^{-1}$; $b_1 = 0.23$; $b_2 = 0.196$; $A = 0.217$ м^2.

Сумуюча акумулююча спроможність (прийнято, що криві депресії симетричні відносно осі глибокої дрени): $A_\Sigma = 2 \cdot A = 2 \cdot 0.217 = 0.434$ м^2.

Висновки: 1. Розрахунки показують, що збільшення продуктивності дренажно-модульної системи при роботі гідравлічного регулятора на глибокій дрені складає 12,8%.

2. Застосування гідравлічних регуляторів удосконалює роботу регулюючої мережі гідромеліоративних систем на основі дренажних модулів, що, в свою чергу, поліпшує меліоративний і екологічний стан сільськогосподарських угідь і навколишнього середовища, підвищує врожайність вирощуваних культур.

1. Грицюк П. М., Чижевич К. А. Дослідження динаміки рівня ґрунтових вод на території Рівненської області // Вісник НУВГП. – 2005. – Випуск 3 (31).– С. 94-101. **2.** http://ukinukraine.fco.gov.uk/resources/uk/pdf/pdf1/climate-change-ukraine-report-ukr. **3.** Бровко Г. І., Залеський І. І. Проблеми підтоплення Волинського Полісся // Вісник НУВГП. – 2007. – Вип. 3 (39), частина І. **4.** Веремеєнко С. І. Оцінка водного режиму

ґрунтів Полісся України // Вісник НУВГП. – 2007. – Випуск 3 (39), частина 1.– С. 203-205. **5.** Козловський Б. І. Наукові основи моніторингу осушених земель (на прикладі західних областей України). – Львів: Місіонер, 1995. – 189 с. **6.** Кульбида М. И. Динамика тенденции урожайности озимой пшеницы в Украине // Міжвідомчий науковий збірник України.– Одеса, 2001.– Вип. 44. – С. 95-102. **7.** Бадинський Л. О., Сапсай Г. І. Вплив інтенсивності осушення на рівні ґрунтових вод // Вісник НУВГП. – 2008. – Випуск 2 (42). – С. 89-95. **8.** Лазарчук М. О., Погребняк Н. Д., Судук О. Ю. Методи оцінки кількісного впливу водного режиму ґрунту у вегетаційний період на врожайність сільськогосподарських культур // Вісник РДТУ: збірник наукових праць. – Рівне, 2001. – С.78-83. **9.** Ткачук М. М. Особливості роботи дренажного модуля з дрен вкладених на різних глибинах // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво – 1999. – С. 58-61. **10.** Ткачук М. М., Кухнюк Н. В. Удосконалення регулюючої дії дренажно-модульних систем // Таврійський науковий вісник: науковий журнал. – Вип. 65. Частина ІІ. – Херсон: Айлант. 2009. – С. 56-61. **11.** Деклараційний патент на корисну модель № 46436, ЕО2В11/00. Гідравлічний регулятор стоку дренажно-модульної системи / М. М. Ткачук, Р. М. Ткачук, Н. В. Кухнюк – № 200905782. Заявлено 05.06.2009. Видано 25.12.2009, бюл. № 24/2009. – 2 с. **12**. Мурашко А. И. Пластмассовый дренаж. – Минск: Урожай, 1969. – 195 с. **13.** Рогалевич Ю. П. Гідравліка. – К. : Вища шк., 2010. – 431 с.

Рецензент: д.т.н., професор Рокочинський А.М. (НУВГП)