УДК 631.6

Войтович І. В., к.т.н., с.н.с. (Інститут водних проблем та меліорації УААН, м. Київ), **Герасімов Є. Г., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ПОЛИВУ ПО БОРОЗНАМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Наведено технологію поливу по борознах та запропоновано методику визначення оптимальних параметрів поліетиленових трубопроводів при поверхневому поливі сільськогосподарських культур.
Ключові слова: поверхневий полив, поліетиленовий трубопровід, технологія поливу, гідравлічні параметри.

Приведена технология полива по бороздам и предложена методика определения оптимальных параметров полиэтиленовых трубопроводов при поверхностном поливе сельскохозяйственных растений.
Ключевые слова: поверхностный полив, полиэтиленовый трубопровод, технология полива, гидравлические параметры.

The technology of the watering furrows and the method of determining the optimal parameters of polyethylene pipes at surface irrigation of crops are presented.
Keywords: surface irrigation, polyethylene pipe, irrigation technology, hydraulic parameters.

Поверхневий полив – традиційний спосіб зрошення сільськогосподарських культур, що знайшов широке застосування в багатьох розвинених країнах світу (табл. 1). На даний час досліджено велику кількість різноманітних технологій та режимів поверхневого поливу сільськогосподарських рослин, які довели свою високу агроефективність в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Проблема водозабезпечення рослин є однією з найактуальніших для агровиробників України, адже дефіцит фінансово-матеріальних ресурсів стимулює пошук нових енерго- та ресурсоощадливих технологій та конструкцій систем зрошення сількогосподарських культур, особливо на сході та півдні України.

В той же час, більшість зрошувальних систем, які експлуатуються, призначені для застосування дощувальної техніки, що в Україні майже не виробляється, а вартість нової закордонної є занадто високою. А тому доцільно ді-

ючі зрошувальні системи реконструювати для проведення поверхневого поливу, зокрема, перспективним є використання при конструюванні систем гнучких полімерних трубопроводів.

Гнучкі полімерні трубопроводи знайшли широке застосування у різних галузях народного господарства України. В меліорації гнучкі трубопроводи використовуються для транспортування, розподілу та подачі води в системах поверхневого поливу і краплинного зрошення, в якості транзитних і розподільчих трубопроводів в дощувальних машинах тощо.

Таблиця 1

Оцінка зрошуваних земель (га) та розподіл використання зрошення різними способами (%) в країнах Європейського Союзу [1]

Країна	Зрошувана площа, тис. га	Розподіл методів зрошення (%)		
		поверхневий (по борознах, по смугах)	дощування (мікродощування, фронтальне, кругової дії)	краплинне
Іспанія	3453	60	24	17
Італія	2710	55	33	10
Франція	1468	10	85	5
Греція	1195	не відомо	домінує	розвивається
Португалія	791	76	19	5
Нідерланди	560	не відомо	домінує	розвивається
Німеччина	531	0	95	5
Данія	476	0	95	5
Словаччина	323	0	100	0
Румунія	319	10	90	0
Великобританія	150	0	95	5
Польща	138	97	3	0
Швеція	115	0	99	1
Угорщина	100	3	95	2
Болгарія	50	50	49	1
Чехія	14	0,5	99	0,5

В Інституті водних проблем і меліорації (ІВПіМ) УААН розроблений комплект для поверхневого поливу сільськогосподарських культур із гнучких поліетиленових трубопроводів (табл. 2), що є мобільними, достатньо надійними та транспортабельними. Комплект включає транспортуючі та поливні трубопроводи, деталі з'єднання, засувки, водовипуски тощо.

Разом з тим потребують дослідження та обґрунтування елементи техніки поливу та параметри систем поверхневого поливу по борознах, що компонуються гнучкими поліетиленовими трубопроводами при переведені зрошувальних систем на поверхневий полив.

Таблиця 2

Технічна характеристика комплекту для поверхневого поливу

№ з/п	Найменування показника	Величина
1.	Експлуатаційна продуктивність	до 5 га/зміну
2.	Витрата води	до 100 л/с
3.	Тиск на початку трубопроводу	0,25 мПа
4.	Ширина захвату	до 450 м
5.	Витрата води через водовипуск	0…1,8 л/с
6.	Ширина міжрядь	0,6…1,3 м
7.	Коефіцієнт земельного використання	0,99

Питанням дослідження та гідравлічного розрахунку гнучких трубопроводів присвячена значна кількість наукових праць закордонних та вітчизняних учених. Найвагоміший вклад у розвиток гідравлічних досліджень гнучких трубопроводів як елементів меліоративни систем внесли такі вчен, як О.О. Фєдорець [2], Є.В. Кузнєцов [3], З.Р. Маланчук [4], Ю.І. Гринь та І.І. Науменко [5, 6, 7] та ін.

У роботі Є.В. Анісімова [8] на основі експериментальних досліджень розроблено методику гідравлічного розрахунку еластичних трубопроводів низького тиску з врахуванням набору додаткових факторів (формпараметр, коефіцієнт поверхні, зміна геометричних розмірів тощо).

Дослідження оптимальних елементів техніки поливу проводились в межах Київської, Дніпропетровської та Херсонської областей.

На основі теоретичних розрахунків та польових досліджень визначені оптимальні елементи техніки поливу по затоплюваних та проточних борознах, розроблені раціональні технологічні схеми застосування поверхневих способів поливу на існуючих системах.

На ділянках з ухилами меншими за 0,002 полив рекомендується здійснювати тупими затоплюваними борознами глибиною 22-27 см, з трапецеїдальною формою перерізу. На ухилах 0,002-0,008 полив краще проводити по проточних борознах, з добіганням поливного струменя, глибиною 14-20 см трапецеїдального перерізу. Розмір поливної норми рекомендується 600 м^3/га.

На підставі польових досліджень встановлено, що елементи техніки поливу по затоплюваних борознах залежать від ухилу поверхні поля (табл. 3), а по проточних борознах – від ухилу поверхні і водопроникності ґрунту (табл. 4).

Узагальнення отриманих даних дозволило сформувати рекомендації щодо вибору техніки поверхневого поливу по борознах залежно від ухилу поверхні землі, що наведені в таблиці 5.

Таблиця 3

Елементи техніки поливу по затоплюваних борознах

Ухил поверхні землі	Витрата води в борозну , л/с	Час поливу, годин	Довжина борозни , м
0,0005	3 - 4	0,4 - 0,3	100
0,001	2 - 3	0,3 - 0,2	50
0,0015	1,5 - 2	0,3 - 0,2	30
0,002	1 - 1,5	0,3 - 0,2	25

Таблиця 4

Елементи техніки поливу по проточних борознах

Ухил поверхні землі	Витрата води в борозну , л/с	Час поливу, годин	Довжина борозни , м
На середніх та важко-суглинистих ґрунтах			
0,001 - 0,002	2 - 1,5	2,5 - 3,0	200 - 250
0,002 - 0,003	1,5 - 1,2	3 - 3,5	250 - 300
0,003 - 0,005	1,2 - 1,0	3,5 - 4,2	300 - 350
На легких та супіщаних ґрунтах			
0,001 - 0,002	2,0 - 1,5	1,5 - 2,0	140 - 180
0,002 - 0,003	1,5 - 1,2	2,0 - 2,5	180 - 220
0,003 - 0,005	1,2 - 1,0	2,5 - 3,0	220 - 250

Таблиця 5

Рекомендована техніка поливу залежно від ухилу

Ухил поверхні землі	Вид поливу по борознах
0,001	Затоплювані
0,001...0,002	Затоплювані або проточні
0,002...0,005	Проточні з добіганням струменя

Особливістю організації поверхневого поливу сільськогосподарських культур на діючих зрошувальних системах з напірною мережею, яка характеризується різними вихідними даними по витратах, тиску, конфігурації площі поливу, є гостра необхідність у визначенні параметрів транспортуючих та поливних трубопроводів.

Гідравліка, як відомо, вивчає закони рівноваги та руху рідини та розробляє методи застосування цих законів до вирішення прикладних інженерних задач [9, 10].

Розглянемо залежність, що враховує вихідні дані для розрахунку параметрів гнучкого поліетиленового поливного трубопроводу:

$$Q_{nt} = \sqrt{\frac{d_p \cdot \left(\frac{1-n^2}{n^2} \cdot H_l + i_p \cdot l_p \right)}{0,0277 \cdot \lambda \cdot l_p}}, \quad (1)$$

де Q_{nt} – витрата води у поливному трубопроводі, що дорівнює сумі витрат у поливні борозни, м3/с;

d_p – розрахунковий діаметр трубопроводу, м;

n – величина, що враховує залежність коефіцієнта витрат від швидкості, змінюється від 0,93 при швидкості 1 м/с до 0,85 при швидкості 2 м/с;

H_l – п'єзометричний напір в трубопроводі, м;

i_p – геодезичний похил по трасі трубопроводу;

l_p – довжина трубопроводу або фронт одночасного розподілу води;

λ – коефіцієнт опору по довжині трубопроводу.

Приймемо:

$$\left(\frac{1-n^2}{n^2} \cdot H_l + i_p \cdot l_p \right) = A. \quad (2)$$

З врахуванням (2) запишемо:

$$Q_{nt}^2 (0,0277 \cdot \lambda \cdot l_p - 0,091 \cdot d_p) = d_p^5 \cdot A; \quad (3)$$

$$Q_{nt}^2 \cdot 0,0277 \cdot \lambda \cdot l_p = d_p^5 \cdot A + Q_{nt}^2 \cdot 0,091 \cdot d_p; \quad (4)$$

$$d_p^5 \cdot A + Q_{nt}^2 \cdot 0,091 \cdot d_p - Q_{nt}^2 \cdot 0,0277 \cdot \lambda \cdot l_p = 0. \quad (5)$$

Рівняння (5) є поліномом 5-ступеня – загальної формули розрахунку не існує, а тому перетворимо наступним чином:

$$d_p^5 + \frac{Q_{nt}^2 \cdot 0,091}{A} \cdot d_p - \frac{Q_{nt}^2 \cdot 0,0277 \cdot \lambda \cdot l_p}{A} = 0. \quad (6)$$

Відомо, що при ламінарному режимі руху рідини λ залежить лише від числа Рейнольдса

$$\lambda = f(\mathrm{Re}) \quad (7)$$

та може бути обрахована за залежностями, які наведені в [9, 10].

Вихідні дані для розрахунку діаметра поливного трубопроводу (d_p) наведено в табл. 6 залежно від типу системи (ДМ «Волжанка», «Фрегат», «Дніпро»), витрат Q_{nt}, напору H_l, похилу i_p, фронту розподілу води l_p, коефіцієнту опору λ.

У результаті розрахунків визначено оптимальні параметри гнучких поліетиленових поливних трубопроводів.

Таблиця 6

Вихідні дані до розрахунку діаметру поливного трубопроводу

Тип ДМ	Q_{nt}, л/с	H_l, МПа	n	i_p	λ
«Волжанка»	48	0,4	0,93	0,002	0,028
«Фрегат»	50	0,49			
«Дніпро»	120	0,45			

За нашими розрахунками відповіднодо даних наведених в табл. 6 та з врахуванням (6) оптимальний діаметр поліетиленового поливного трубопроводу для зрошувальних систем з ДМ «Волжанка» складатиме 234 мм, з ДМ «Фрегат» – 292 мм, з ДМ «Дніпро» – 352 мм, а оптимальний діаметр водовипускних отворів складає близько 18…21 мм.

Отже, порівняно з існуючими аналогами комплект поверхневого поливу гнучкими поліетиленовими трубопроводами, що розроблений фахівцями ІВПіМ має нижчу вартість у 3-4 рази, дозволяє додатково економити до 10% електроенергії та зменшує втрати води на 15%. Загальна площа, яка придатна для використання під поверхневий полив, на зрошувальних системах складає 200 тис. га.

1. Knox J. W., Weatherhead E. K. Trickle Irrigation in England and Wales // Environment Agency. – Bristol: Rio House, 2003. – 53 p. **2.** Федорец А. А. Особенности расчета трубопроводов мелиоративных систем / А. А. Федорец // Вісник УДУВГП : збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Вип. 5(18). – С. 163-170. **3.** Кузнецов Е. В. Основы капельного орошения / Е. В. Кузнецов, А. И. Голованов. – Краснодар: КГАУ, 1996. – 96 с. **4.** Маланчук З. Р. Экспериментальные зависимости гидравлического расчета поливных трубопроводов / З. Р. Маланчук // Новое в технике и технологии полива : сб. науч. трудов ВНПО «Радуга». – 1979. – Вып. 12. – С. 184-189. **5.** Гринь Ю. І. Аналіз гідравлічних параметрів трубопроводів шлангобарабанних дощувальних машин / Ю. І. Гринь, О. І. Пашкевич // Водне господарство України. – 2003. – № 2-4. – С. 61-64. **6.** Науменко І. І. Дослідження гідравлічних опорів у поліетиленових плавнозігнутих водопроводах / І. І. Науменко, О. І. Пашкевич // Вісник УДУВГП : збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Вип. 5(18). – С. 121-129. **7.** Науменко І. І. Технічна механіка рідини і газу : підручник / Іван Іларіонович Науменко. – Рівне, 2009. – 376 с. **8.** Анисимов Е. В. Гидравлическое сопротивление эластичных труб применяемых в орошении : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.14.09 «Гидравлика и инженерная гидрология» / Е. В. Анисимов. – Москва, 1986. – 18 с. **9.** Яковлева Л. В. Практикум по гидравлике / Л. В. Яковлев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 144 с. **10.** Степанов П. М. Справочник по гидравлике для мелиораторов / П. М. Степанов, И. Х. Овчаренко, Ю. А. Скобельцин. – М. : Колос, 1984. – 207 с.

Рецензент: д.т.н., професор Гурин В. А. (НУВГП)