УДК 631.6

Войтович І. В., к.т.н., старш. наук. співробітник, Ковтунович І. В., наук. співробітник, (Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ), **Герасімов Є. Г., к.т.н., доцент, Пінчук О. Л., асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ТРУБОПРОВОДІВ СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ БЕЗТРАНШЕЙНИМ СПОСОБОМ

Розраховано параметри технології відновлення сталевих трубопроводів систем зрошення безтраншейним способом.
Ключові слова: система зрошення, безтраншейний спосіб, труба-оболонка, стійкість.

Рассчитаны параметры технологии восстановления стальных трубопроводов систем орошения бестраншейным способом.
Ключевые слова: система орошения, бестраншейный способ, труба-оболочка, устойчивость.

Parameters of recovery technology of steel pipe irrigation systems using trenchless technology.
Key words: irrigation systems, trenchless technology, jacket pipe, stability.

Невпинне зростання кількості населення та зменшення площі продуктивних земель у світі зумовило необхідність інтенсифікувати сільськогосподарське виробництво з метою отримання більшої кількості продукції з одиниці площі. У другій половині XX ст. з цією метою були розроблені та впроваджені заходи Зеленої революції (Міжнародної програми сприяння вирощування культурних рослин), одним із ініціаторів якої був американський агроном Норман Борлаг. Однією із складових частин Зеленої революції, разом із селекцією та хімізацією сільськогосподарського виробництва, була іригація.

На сьогодні в світі площа зрошувальних земель становить 260 млн. га, а найбільшими площами цих земель вирізняється Китай (44,4 млн. га), Індія (42,1 млн. га), що, в основному, обумовлено вирощуванням культури рису. При цьому зрошувані землі забезпечують 40% світового виробництва продовольства, займаючи лише 16% площі сільськогосподарських угідь світу.

В цей же період масові роботи із будівництва зрошувальних систем розпочалися і в Україні, адже значна її територія розташована в зонах недостатнього та нестійкого зволоження. Характерною ознакою зрошення в Україні є переважне застосування дощування як одного з найбільш прогресивних спо-

собів поливу. Більшість побудованих останніми десятиріччями зрошувальних систем мають закриту зрошувальну мережу з сучасними широкозахватними дощувальними машинами, а відкриті магістральні та міжгосподарські канали у переважній більшості обладнані протифільтраційним покриттям.

Зрошуване землеробство характеризувалося високою та сталою продуктивністю. На поливних землях, що займали близько 8% ріллі, виробляли понад 60% овочів, третину кормів, 100% рису, значну частину зерна та плодово-ягідної продукції, а продуктивність зрошуваного гектара була у 2,0-2,5 рази вищою порівняно з богарним. Основним завданням впровадження цих засобів була оптимізація водного режиму ґрунтів і покращення продовольчого забезпечення населення.

У сучасних суспільно-економічних відносинах відбувається постійне скорочення площ зрошення. Якщо на початку 90-х років площа зрошувальних земель України становила 2,6 млн. га і вони були розташовані у всіх природних зонах (84% у Степовій зоні), то на 1.01.2006 року площа зрошувальних земель скоротилася до 2 183,4 тис. га. Результати більш детальних досліджень стану зрошувальних земель свідчать, що на сьогодні фактично поливається 20-35% від усієї площі зрошення, а продуктивність та обсяги виробництва сільськогосподарської продукції на цих землях знизилися на 25-40%.

Отже, зрошувальні землі за станом свого використання практично втратили роль чинника стабілізації ресурсного та продовольчого забезпечення держави. Таке становище зумовлене, передусім, незадовільним технічним станом зрошувальних систем, слабким оновленням парку дощувальної техніки і зношеністю водопровідної мережі.

Площа зрошуваних земель в Україні на теперішній час становить 1,8 млн. га, на яких функціонує понад 50 тис. км трубопроводів. Більше половини трубопроводів зрошувальних систем побудовано до 1985 р. – 80% від загальної кількості. Значну частину трубопровідної мережі, майже 50%, на системах зрошення становлять сталеві труби. За даними спостережень технічний стан водоводів із сталевих труб в об’ємі біля 11,4% незадовільний і потребує заходів щодо їх відновлення. При цьому залишковий ресурс сталевих труб становить не менше 95% їх початкової міцності.

У світовій практиці при ремонті трубопроводів значного поширення набули безтраншейні методи їх відновлення з використання вставок із полімерних труб, які в ціновому відношенні не завжди забезпечують економічну ефективність.

Нові можливості для використання безтраншейного методу відновлення трубопроводів з’явились в Україні в зв’язку з розробкою технології виготовлення тонкостінних поліетиленових труб-оболонок [1, 2].

Суть технології відновлення трубопроводів полягає у використанні в якості вставок тонкостінних поліетиленових труб-оболонок із заповненням міжтрубного зазору цементно-піщаним розчином.

В даному випадку поліетиленова труба-оболонка забезпечує герметич-

ність, а сталева труба – конструкційну міцність.

При заповненні міжтрубного зазору цементно-піщаним розчином поліетиленова труба-вставка сприймає тиск з боку розчину, що нагнітається в зазор.

Встановлено, що при певних умовах поліетиленова оболонка може втратити стійкість і бути деформованою, що недопустимо, тому необхідно оцінити стійкість вставки і знайти граничні умови її застосування [3, 4].

На рис. 1 наведена схема зовнішнього навантаження на поліетиленову вставку-оболонку (кільця).

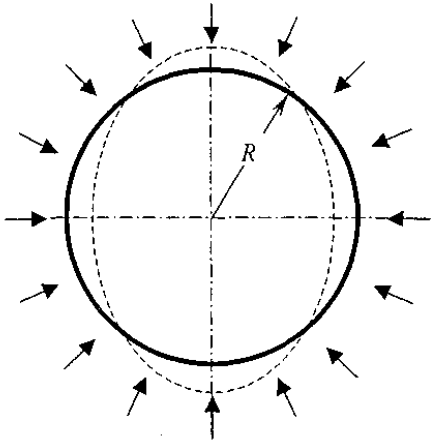

Рис. 1. Втрата стійкості кільця під дією рівномірно розподіленого зовнішнього навантаження

Стійкість кільця, стиснутого радіальним рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивності q (рис. 1) оцінюють за залежністю [5]:

$$q_{кр} = \frac{(n^2 - 1) \cdot EI}{R^3}, \qquad (1)$$

де $q_{кр}$ – критичне навантаження при якому відбувається втрата стійкості Н/м;

EI – жорсткість поперечного перерізу кільця, Н · м^2;

R – радіус, м;

n – будь-яке ціле число, відмінне від нуля та одиниці.

Найменше значення $q_{кр}$ має при n=2:

$$q_{кр} = \frac{3EI}{R^3}. \qquad (2)$$

В цьому випадку кільце згинається, приймаючи форму, близьку до еліпса.

Результати, отримані для кільця, необхідно поширити на випадок довгих труб, навантажених зовнішнім тиском p (рис. 2).

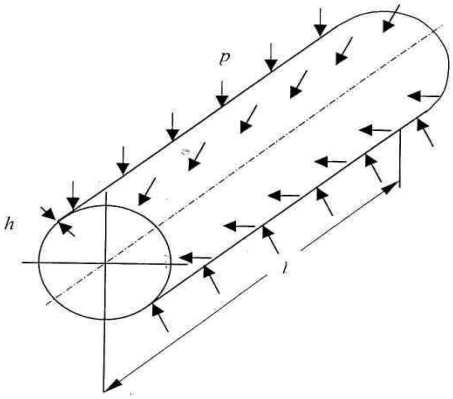

Рис. 2. Схема навантаження поліетиленової вставки при заповненні міжтрубного зазору

В даному випадку:

$$q = p \cdot l \,. \tag{3}$$

Відповідно жорсткість оболонки буде:

$$EI = \frac{Eh^3 l}{12(1-\mu^2)} \,. \tag{4}$$

Таким чином:

$$p_{кр} = \frac{(n^2-1)Eh^3}{12(1-\mu^2)R^3} \,. \tag{5}$$

Прийнявши n=2, отримаємо:

$$p_{кр} = \frac{Eh^3}{4(1-\mu^2)R^3} \,. \tag{6}$$

Використання залежності (6) дає можливість оцінити стійкість полімерної оболонки при заповненні міжтрубного зазору цементно-піщаним розчином і зробити висновок про її достатність чи необхідність додаткових мір для її забезпечення.

Нами проведені розрахунки критичного тиску для поліетиленових труб-оболонок діаметром від 200 мм до 1200 мм, зі змінною товщиною стінки труби від 3,2 мм до 20 мм, що найбільше відповідає трубопроводам систем зрошення, які наведені в таблиці.

Таблиця

Розрахунок критичного тиску втрати стійкості поліетиленової труби

№	Зовнішній діаметр поліетиленової труби, мм	Товщина стінки, мм	Критичний тиск, МПа
1	200	3,2	0,00187
2	214	3,2	0,00152
3	225	3,5	0,00172
4	241	3,5	0,00140
5	250	3,9	0,00173
6	268	3,9	0,00140
7	315	4,9	0,00172
8	336	4,9	0,00141
9	400	6,3	0,00178
10	422	6,3	0,00152
11	450	7,0	0,00172
12	473	7,0	0,00148
13	500	7,8	0,00173
14	528	7,8	0,00147
15	560	8,8	0,00177
16	595	8,8	0,00147
17	630	9,0	0,00133
18	710	10,0	0,00127
19	800	12,0	0,00154
20	900	14,0	0,00172
21	1000	15,0	0,00154
22	1100	17,0	0,00168
23	1200	20,0	0,00211

Отже, стійкість поліетиленової труби-оболонки можна встановити за критичним тиском, при якому може наступити деформація. Критичний тиск порівнюється з тиском, що створюється розчинонасосом при заповненні міжтрубного зазору для забезпечення стійкості. При цьому необхідно, щоб виконувалась умова:

$$p_{кр} \leq p_{нас}, \tag{7}$$

де $p_{нас}$ – тиск, що створюється розчинонасосом при заповненні міжтрубного зазору.

Результати розрахунків показують, що при використанні більшості тонкостінних труб-оболонок діаметром від 200 мм до 1200 мм, для відновлення

сталевих трубопроводів найбільш представлених на системах зрошення умова (7) не виконується, що потребує розробки додаткових заходів щодо її забезпечення. В якості таких заходів є наповнення труб-оболонок водою до процесу заповнення міжтрубного зазору цементно-піщаним розчином.

На пілотних об'єктах зрошувальних систем АР Крим виконанні експериментально-дослідні ділянки відновлення трубопроводу діаметром 630 мм за даною технологією (фото).

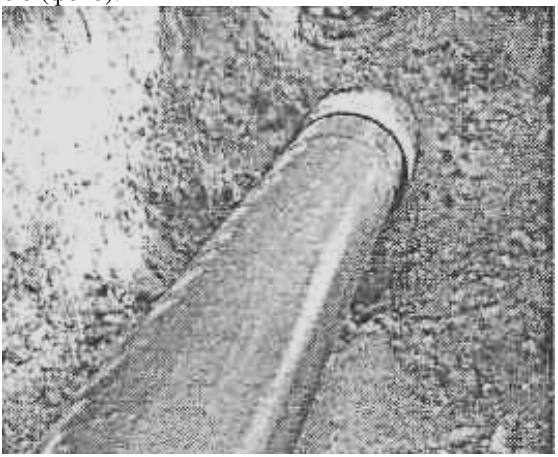

Фото – Безтраншейна технологія відновлення справного стану напірних водоводів діаметром 630 мм

За результатами впровадження встановлено, що кошторисна вартість робіт з відновлення 1000 м ділянки сталевого трубопроводу з використанням тонкостінної поліетиленової труби-оболонки на 50% менше порівняно з заміною на новий сталевий трубопровід.

Відновлення сталевих трубопроводів зрошувальних систем безтраншейним способом з використанням тонкостінних труб-оболонок із заповненням міжтрубного простору цементно-піщаним розчином – один із перспективних способів ремонту та забезпечення їх роботоздатності. Економічний ефект від впровадження становить не менше 40-50% порівняно з традиційним способом ремонту.

1. Каган Д. Ф. Трубопроводы из пластмасс. – Химия, 1980. – 296 с. **2.** Каган Д. Ф., Ехлаков С. В. Применение полиэтиленовых труб в сельском хозяйстве. – М. : Бюро технической информации, 1964. – 120 с. **3.** Ивянский Г. Б. Транспорт строительных растворов по трубам. – М. : Росстройиздат, 1957. – 154 с. **4.** Евстифеев В. Н. Трубопроводный транспорт пластичных и сыпучих материалов в строительстве. – М. : Стройиздат, 1989. – 248 с. **5.** Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: учебник для втузов. – 9-е изд., перераб. – М. : Наука. 1986. – 512 с.

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