

**ВПЛИВ ДОДАТКІВ ПОЛІАКРИЛАМІДУ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ  
ДИСКРЕТНОЇ ШЛЯХОВОЇ РОЗДАЧІ ВОДИ З НАПІРНОГО ТРУБОПРОВОДУ**

*Приведены данные экспериментальных исследований влияния добавок полиакриламида на неравномерность дискретной путевой раздачи воды из напорного трубопровода  $D=8,21$  мм. Получено снижение неравномерности путевой раздачи воды на 36,1 %.*

*The data of experimental researches of influence of the PAA additives on non-uniformity of discrete along-pipe distribution of water from the pressure head pipeline  $D = 8.21$  mm are given. The decrease non-uniformity of along-pipe distribution of water on 36,1 % is received.*

**1. Постановка проблеми**

Шляхова роздача рідини з напірних трубопроводів поширена в іригації (системи краплинної й внутрішньогрунтового зрошення, дощування, полив по борознах), зустрічається у водопостачанні (при очищенні води і розподілі її між споживачами), у водовідведенні (при очищенні стічних вод), розповсюджена в апаратах хімічних виробництв. Однак, на практиці реалізується нерівномірна роздача рідини. Для довгого розподільного трубопроводу (РТ) з незмінним його діаметром і постійною площею отворів у стінці й однаковим коефіцієнтом їх витрати найбільша віддача рідини через один отвір спостерігається на початку трубопроводу. Вздовж потоку вона зменшується [1]. Рівномірності шляхової роздачі рідини досягають збільшенням у напрямку течії рідини діаметрів отворів, зменшенням відстані між ними, зміною конструкції водовипусків і діаметра трубопроводу.

Автори [2] і [3] вважають, що рівномірність шляхової роздачі забезпечується зменшенням діаметра розподільного трубопроводу  $D$  за законом:

$$D = D_n(1 - \bar{x})^{1/2}, \quad (1)$$

де  $D_n$  – діаметр РТ на його початку;  $\bar{x} = x/l$  – відносна відстань від початку РТ до розрахункового перерізу. Такого висновку вони дійшли, прийнявши у вихідних рівняннях  $v = f(V)$ , як у [1], а саме:  $v \cos \varphi = Vm$ , де  $V$  – швидкість основного потоку в РТ;  $v$  – швидкість від'єднуваної струмینی;  $\cos \varphi$  – кут між векторами  $\vec{v}$  і  $\vec{V}$ ;  $m = v \cos \varphi / V = \text{const}$  – коефіцієнт від'єднуваної маси. В дійсності  $m \neq \text{const}$ , а  $v = f(H)$ , тобто залежить від повного напору в РТ. Отож, зменшенням  $D$  за

залежністю (1) можна досягти постійного значення швидкості основного потоку  $V$  у РТ, але не однакою швидкості струмін  $v$ , що від'єднуються вздовж РТ.

Раніше була висловлена гіпотеза про можливість зменшення нерівномірності шляхової роздачі води з напірного трубопроводу уведенням у потік додатків поліакриламід (ПАА) [4]. При цьому можливість зменшення нерівномірності шляхової роздачі може здійснюватися у відносно довгих трубопроводах (коли п'єзометричний напір у кінці РТ менший, ніж на його початку) та ймовірно в трубопроводах проміжної довжини між відносно короткими і відносно довгими (коли напір у кінці РТ незначно перевищує той, що на початку).

**Мета роботи** – перевірити висловлену гіпотезу [4], дослідити вплив додатків поліакриламід на нерівномірність дискретної шляхової роздачі води з напірного трубопроводу і виявити можливість її регулювання уведенням у потік гідродинамічно-активних додатків.

**2. Дослідний стенд**

Дослідження проводились при гравітаційній подачі води на експериментальний трубопровід (рис. 1), який змонтовано з трьох секцій циліндричної труби. Його загальна довжина – 3043 мм, робоча довжина  $L = 2644$  мм, а внутрішній діаметр  $D = 8,21$  мм (рис. 2). Матеріал труб – сталь іржостійка, з'єднання фланцеве.

У стінці експериментального трубопроводу вздовж однієї твірної просвердлено отвори діаметром 3,2 мм, співвісно яким до стінки приварені патрубки, довжиною 25 мм і з внутрішнім діаметром 3,2 мм (рис. 3).

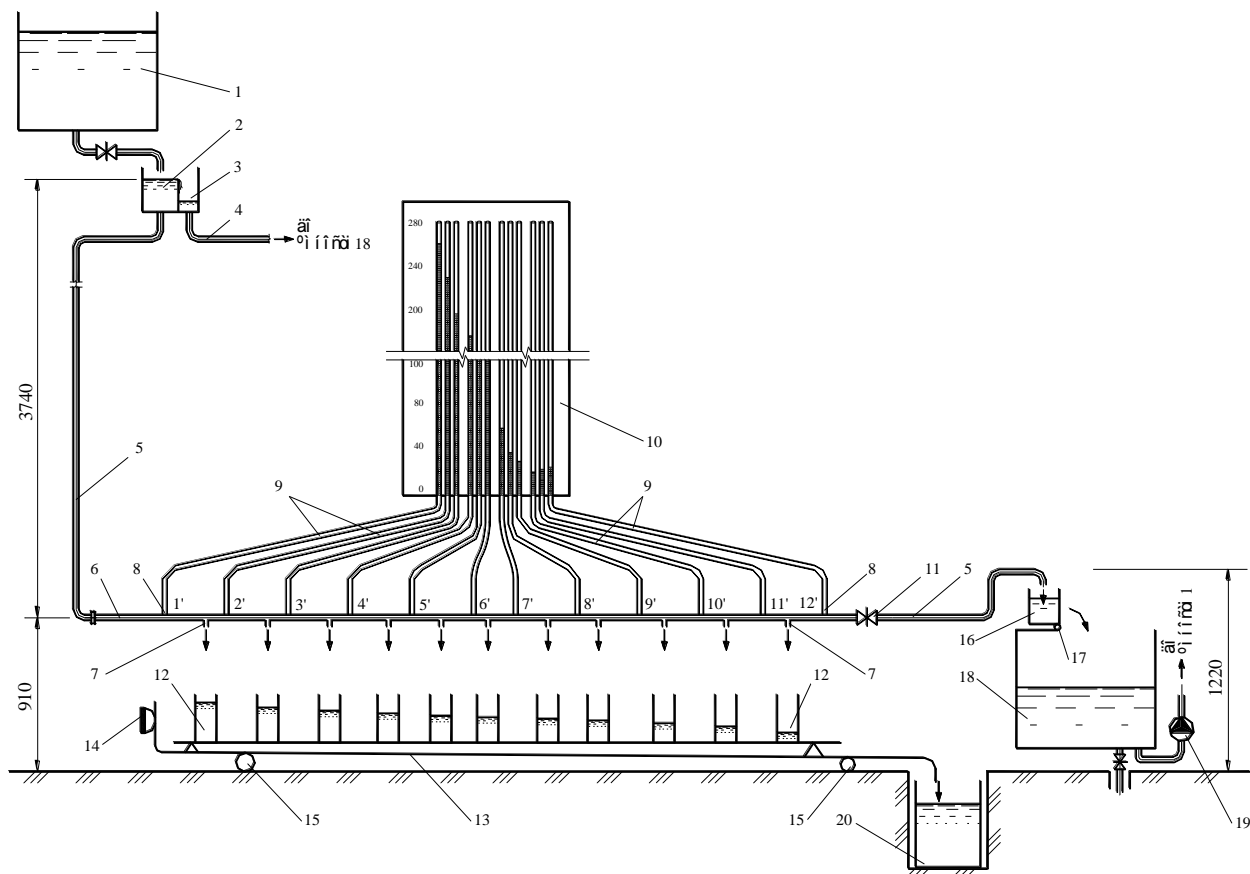


Рис. 1. Схема експериментального стенду: 1 – розчиновий бак; 2 – напірний бачок; 3 – скидний бачок; 4 – скидний трубопровід; 5 – те ж, подавальний; 6 – експериментальний трубопровід; 7 – водовипускні патрубки; 8 – штуцери; 9 – імпульсні трубки; 10 – щит п'езометрів; 11 – вентиль; 12 – мірні посудини; 13 – рухомий лоток; 14 – ручка; 15 – опори кочення; 16 – мірний бачок; 17 – шарнір; 18 – приймальний бак; 19 – помпа; 20 – водозбірний бак; 1'-12' – номери штуцерів (розміри подані в мм)



Рис. 2. Схеми експериментального розподільчого трубопроводу з різними значеннями шпаруватості  $f$ : 0,935 (а); 1,469 (б): 1-11 – водовипускні патрубки; 1'-12' – штуцери для приєднання гумових імпульсних трубок (розміри подані в мм)

Водовипускні патрубки (рис. 3), що розташовані з інтервалом, кратним  $10d$ , залежно від потреби служили для шляхової роздачі води або виконували роль штуцерів для приєднання гумових імпульсних трубок, сполучуваних з п'єзометрами (рис. 1). Для зручності читання креслень штуцери на схемі (рис. 2) направлені вгору, а водовипускні патрубки зорієнтовані донизу, як це було в дійсності. Внутрішній діаметр імпульсних трубок становить 8 мм. Напори вимірювали п'єзометрами з точністю 0,5 мм водяного стовпа. Робочий напір на експериментальному трубопроводі був 3740 мм, коли вентиль 11 у кінці його переkritий (рис. 1). Напірний бачок 2, що оснащений переливною стінкою, забезпечував постійний напір на експериментальному трубопроводі, сталу витрату рідини й запобігав її пульсації.

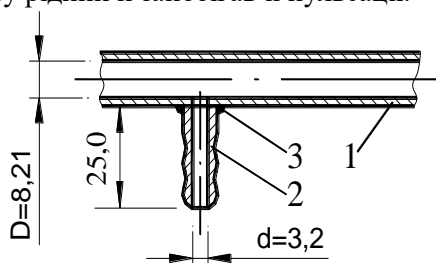


Рис. 3. Фрагмент експериментального трубопроводу: 1 – стінка РТ; 2 – водовипускний патрубок, або штуцер для приєднання гумових імпульсних трубок; 3 – зварне з'єднання

Експериментальний стенд включав три розчинні баки 1 з об'ємом  $0,4 \text{ м}^3$  кожний.

Значення витрат води  $q_i$  через кожен водовипускний патрубок встановлювали об'ємним способом.

### 3. Методика експериментів

Слабоконтентровані водні розчини ПАА, що досліджувались, готували з 8%-го технічного гелю поліакриламід (ТУ 6-01-1049-92). Зважені розрахункові порції гелю, поміщали у скляні циліндри, де гель розминали. Доливали підігріту до  $35\text{--}40^\circ\text{C}$  водопровідну воду ( $pH\ 7,25\text{--}7,65$ ) і перемішували. При періодичному розведенні водою і ручному перемішуванні ПАА витримували у циліндрах не менше доби. Після остаточного розчинення ПАА вміст циліндрів виливали у розчинні баки ємністю  $0,2$  або  $0,4 \text{ м}^3$ , де старанно перемішували з водопровідною водою, підігрітою до температури  $\approx 20^\circ\text{C}$ . Об'єм розчину доводили до розрахункового значення. Приготовлені таким чином водні розчини ПАА розрахункових концентрацій відстоювались  $15\text{--}24$  год. Перед

початком експерименту розчини ще раз перемішували. Готувались водні розчини ПАА з об'ємними концентраціями  $C = 10^{-5}$ ;  $5 \cdot 10^{-5}$ ;  $10^{-4} \text{ кг/дм}^3$ . Концентрація  $C$  визначалась за вмістом у розчині чистої безводної речовини ПАА.

На початку досліди проводились для води, потім для розчинів. З метою запобігання впливу механічної деструкції молекул полімеру на результати досліджень плин розчинів здійснювали під дією сил гравітації. Циркуляцію за допомогою відцентрової помпи застосовували тільки для води. Розчини досліджували в черговості збільшення їхньої концентрації. Температура розчинів під час дослідів знаходилась в границях  $19,0\text{--}23,5^\circ\text{C}$ . Число Рейнольда  $Re = VD/\nu$  на початку РТ становило 18640 при течії води.

### 4. Математична обробка результатів досліджень

Шпаруватість РТ обчислювали за формулою

$$f = \frac{n \cdot \omega}{\Omega}, \quad (2)$$

де  $\omega$  – площа поперечного перерізу водовипускного патрубка,  $\omega = \pi d^2/4$ ;  $d$  – його внутрішній діаметр,  $d = 3,2 \text{ мм}$ ;  $n$  – їхня кількість;  $\Omega$  – площа поперечного перерізу експериментального РТ,  $\Omega = \pi D^2/4$ ;  $D$  – його діаметр,  $D = 8,21 \text{ мм}$ .

Нерівномірність від'єднання рідини вздовж РТ:

$$\eta = \frac{q_n}{q_k}, \quad (3)$$

де  $q_n$ ,  $q_k$  – значення витрати рідини відповідно крізь перший і останній на РТ водовипускні патрубки.

Відносне зменшення нерівномірності шляхового розподілу рідини викликане дією додатків ПАА порівняно з течією води за інших аналогічних умов:

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{\eta_w - \eta_p}{\eta_w} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де індекси  $w$  та  $p$  відносяться відповідно до течії води і водних розчинів полімеру.

Будувались графічні залежності  $H_i/H_n = f_1(x/L)$  та  $q_i/q_1 = f_2(x/L)$ , де  $H_n$  – п'єзометричний напір на початку РТ;  $q_1$  – витрата рідини через перший водовипускний патрубок;  $L$  – робоча довжина РТ,  $L = 2644 \text{ мм}$ ;  $x$  – відстань від початку РТ до  $i$ -го штуцера або до  $i$ -го водовипускного патрубка;  $x/L$  – відносна довжина РТ.

## 5. Результати досліджень

З метою перевірки твердження про те, що більша шпаруватість призводить до більшої нерівномірності роздачі рідини вздовж шляху [1] спочатку дослідження проводилися при течії води крізь РТ з шпаруватістю  $f = 0,935$  (рис. 2,а), а пізніш – з  $f = 1,469$  (рис. 2,б). Це положення підтвердилось. При течії води крізь РТ із шпаруватістю  $f = 0,935$  нерівномірність шляхового розподілу  $\eta_w$  становила 1,712. Збільшення шпаруватості до 1,469 спричинило зростання  $\eta_w$  до 2,770 (рис. 4). Отож, для дослідження впливу додатків ПАА на нерівномірність шляхової роздачі рідини було обрано схему (рис. 2,б) з більшою шпаруватістю.

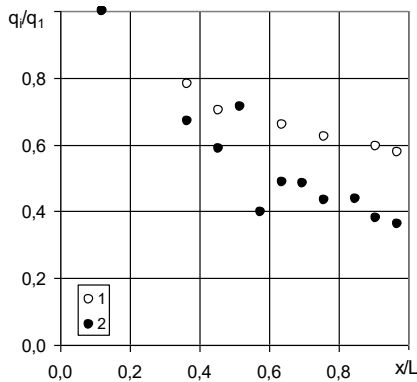


Рис. 4. Нерівномірність шляхового розподілу води з напірного РТ з різною шпаруватістю  $f$ : 0,935 – (1); 1,469 – (2)

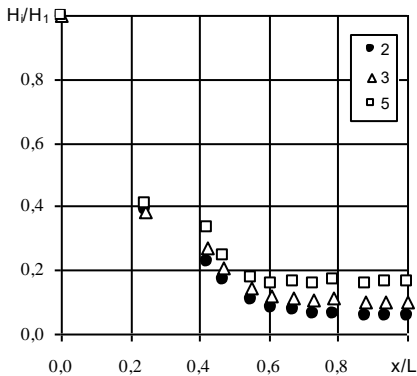


Рис. 5. Відносна зміна п'єзометричного напору вздовж розподільчого трубопроводу з шпаруватістю  $f = 1,469$  при течії води (2) та водних розчинів ПАА з концентраціями  $C$ ,  $\text{кг/дм}^3$ :  $10^{-5}$  (3);  $10^{-4}$  (5)

Порівняно з водою додатки ПАА у водному розчині з концентрацією  $C = 10^{-5} \text{ кг/дм}^3$  за рахунок пониження втрат напору по довжині РТ збільшили п'єзометричний напір на останній третині РТ на 82,4%, а у розчині з  $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$  – на 179,1%. Як наслідок, оскільки  $v = f(H_i)$ , зі збільшенням  $H_i$  зросли значення  $q_i$ .

При течії водного розчину ПАА з  $C = 10^{-5} \text{ кг/дм}^3$  крізь РТ, шпаруватість якого  $f = 1,469$ ,

отримано нерівномірність шляхового розподілу рідини  $\eta_p = 2,198$ , а для  $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$  –  $\eta_p = 1,770$  (рис. 6). Відносне зменшення нерівномірності шляхового розподілу рідини  $\Delta\eta/\eta$ , викликане дією додатків ПАА, за (4) становило 20,6% для  $C = 10^{-5} \text{ кг/дм}^3$ , а при  $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$  сягнуло 36,1%, що є істотним.

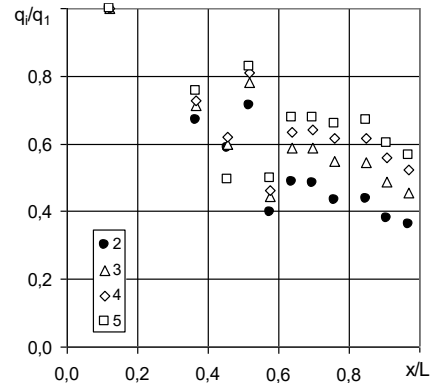


Рис. 6. Нерівномірність шляхового розподілу рідини з напірного РТ шпаруватістю  $f = 1,469$  при течії води (2) та водних розчинів ПАА з концентраціями  $C$ ,  $\text{кг/дм}^3$ :  $10^{-5}$  (3);  $5 \cdot 10^{-5}$  (4);  $10^{-4}$  (5)

## Висновки

Додатки поліакриламиду до води викликали зменшення нерівномірності дискретної шляхової роздачі рідини з напірного розподільчого трубопроводу порівняно з течією води без додатків за аналогічних інших умов її течії. Для РТ  $D = 8,21 \text{ мм}$  зі шпаруватістю  $f = 1,469$  при наявності у потоці води додатків ПАА у кількості  $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$  отримано відносне пониження нерівномірності  $\Delta\eta/\eta = 36,1\%$ .

## Література

1. Константинов Ю. М. Гидравлика: Учебник. – К.: Вища школа, 1988. – 398 с.
2. Кравчук А. М. Гидравлика змінної маси напірних трубопроводів технічних систем: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.16 / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітект. – К., 2004. – 35 с.
3. Чернишов Д. О. Вплив гідродинаміки потоку на характеристики роботи розподільчих трубопроводів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.16 / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітект. – К., 2005. – 20 с.
4. Чернюк В. В. Оптимизация капельного орошения введением в воду добавок полиакриламида // Труды Республ. н.-т. конф. “Повышение эффективности использования мелиорирован. земель”. – Часть 1. – Ровно: Укр. ин-т инж. водн. хоз-ва. – 1984. – С. 61.