

# Спосіб регулювання притоку рідини до напірного трубопроводу-збирача за наявності транзитної витрати

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.012>

Володимир Чернюк,  
Національний ун-т “Львівська політехніка”  
Львів, Україна  
v.cherniuk@ukr.net

Ірина Бігун,  
Львівське міське комунальне підприємство  
“Львівводоканал”,  
Львів, Україна

Василь Іванів,  
Національний ун-т “Львівська політехніка”  
Львів, Україна

Вадим Фасуляк,  
Національний ун-т “Львівська політехніка”  
Львів, Україна

Віталій Литвин,  
Національний ун-т “Львівська політехніка”  
Львів, Україна

**Анотація** – Виявлено, що за наявності транзитного потоку на вході у напірний трубопровід-збирач (ТЗ), останній на початковому своєму відрізку роздає, а не збирає рідину. Винайдено спосіб регулювання притоку рідини в ТЗ, за яким роздача рідини трансформується у її притік в ТЗ. Кінетичну енергію транзитного потоку, котрий входить у ТЗ, запропоновано використовувати для звуження та прискорення потоку рідини у створах входних насадок. Рекомендовано застосовувати локальні еластичні звужувальні вставки. Витік рідини з ТЗ припиняється та змінюється на її всмоктування в ТЗ. Це відбувається на кожній входній насадці, у створі котрої встановлено еластичну звужувальну вставку.

**Ключові слова** – напірний трубопровід-збирач, регулювання нерівномірності притоку рідини у дрена

## I. ВСТУП

Трубопроводи-збирачі (ТЗ), які працюють у напірному режимі, застосовуються у водопостачанні, водовідведенні, вентиляції, осушенні перезволожених земель, енергетиці, комп’ютерній техніці (мікротеплообмінники для охолодження комп’ютерів).

У теплообмінниках паралельними потоками напірні ТЗ працюють у комплексі з напірними розподільними трубопроводами (РТ) (рис. 1). Рідина із РТ тече паралельними трубами до ТЗ. Кількість паралельних труб у компактних теплообмінниках зазвичай перевищує 100 штук. Якщо геометричні параметри РТ і ТЗ вибрано неналежним чином, то з причини великої кількості паралельних труб виникають проблеми з розподілом потоку. У компактному теплообміннику Z-типу (рис. 1) може відбуватися зворотний потік. Тобто в деяких паралельних трубах теплоносій тече від ТЗ до РТ. Це негативно впливає на роботу теплообмінника [1].

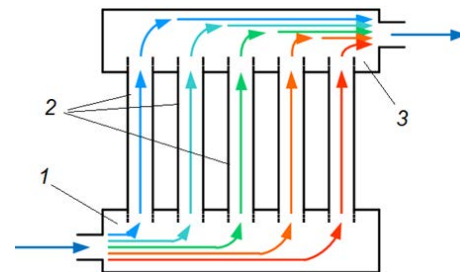


Рис. 1. Схема протікання паралельних ламінарних струменів рідини крізь теплообмінник Z-типу: 1 – розподільний трубопровід; 2 – з'єднувальні труби; 3 – трубопровід-збирач

Нами [2] експериментально досліджувалась робота напірного ТЗ, прокладеного у воді. В ТЗ на його вході вводили транзитний потік води. Виявлено, що на початковій частині ТЗ відбувалась роздача води із ТЗ назовні крізь входні насадки.

Протяжність відрізка роздачі рідини залежала від витрати транзитного потоку і сягала 40 % від загальної довжини ТЗ. На цьому початковому відрізку ТЗ працював у режимі розподільного трубопроводу (РТ). На решті довжини відбувався приплив води в ТЗ крізь його входні насадки [2].

Запобігання роздачі рідини з ТЗ є невирішеною проблемою їх проектування.

## II. МЕТА РОБОТИ

Мета досліджень - розробити методику запобігання роздачі рідини з напірного трубопроводу-збирача за наявності транзитного потоку на його вході.

## III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД

Застосовано експериментальний стенд з гравітаційною подачею води на досліджуваний трубопровід-збирач (рис. 2-рис. 5).

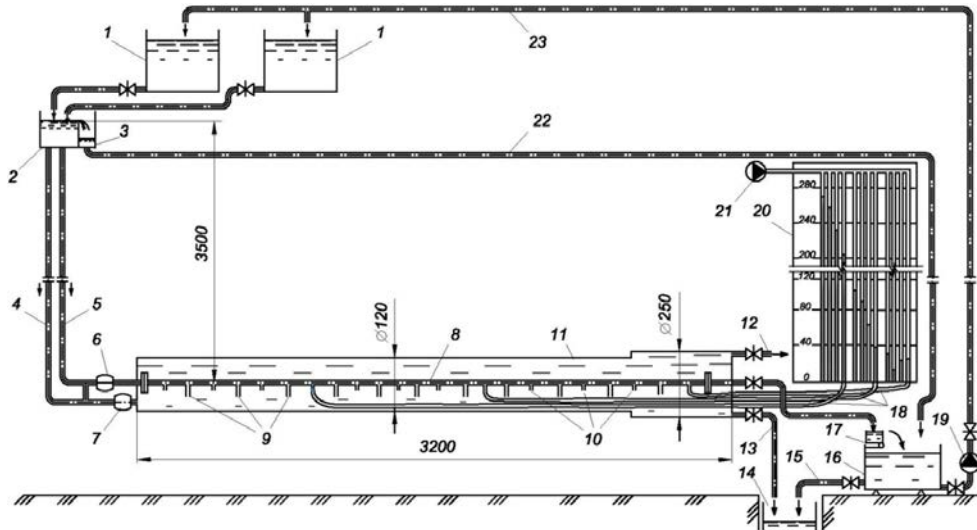


Рис. 2. Схема експериментального стенду: 1 - ємності для води; 2 - напірний бачок з переливною стінкою; 3 – скидний бачок; 4, 5 – подавальні труби; 6, 7 – витратоміри; 8 – досліджуваний ТЗ; 9 – вхідні насадки; 10 – штуцери для приєднання імпульсних ліній від п'єзометрів; 11 – прозорий футляр; 12 – випуск повітря; 13 – скид води; 14 – водозбірний лоток; 15 – скидна труба; 16 – приймальний бак; 17 – мірний бачок; 18 – імпульсні лінії; 19 – помпа; 20 – щит з п'єзометрами; 21 – компресор; 22 – скидна труба; 23 – напірний трубопровід (імпульсні лінії від штуцерів 1-3, 5-7 і 9-11 умовно не показано)

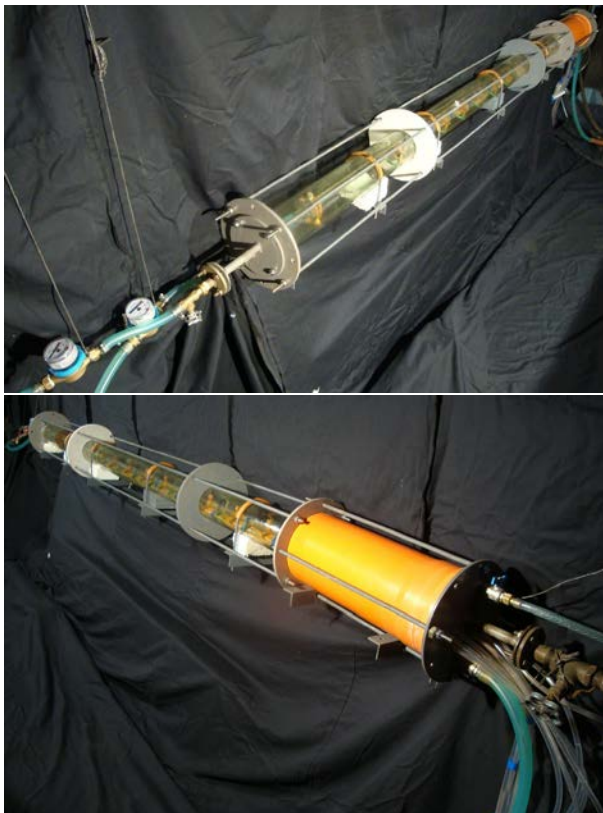


Рис. 3. Загальний вигляд експериментального трубопроводу-збирача, поміщеного в прозорий напірний футляр: а - вид на вхідну частину з витратомірами; б – те саме, вихідну з імпульсними лініями до п'єзометрів

Для забезпечення регулювання робочого напору на вхідних насадках ТЗ та з метою створення зовнішнього потоку, котрий омиває ТЗ зовні, досліджуваний ТЗ поміщено в герметичний напірний футляр (рис. 2-рис. 4).



Рис. 4. Ділянка прозорого футляра з вмонтованим ТЗ (внутрішній діаметр ТЗ  $D = 22$  мм, те саме, вхідних насадок  $d = 8$  мм)

Футляр (рис. 4) має оптично прозору ділянку з внутрішнім діаметром 108 і довжиною 2548 мм. Прозорість стінок футляра забезпечує візуальний контроль за станом і роботою ТЗ.



Рис. 5. Експериментальний трубопровід-збирач (внутрішній діаметр ТЗ  $D = 10$  мм, те саме, вхідних насадок  $d = 4$  мм)

У цій статті представлено результати для трубопроводу-збирача з внутрішнім діаметром  $D = 20,18$  мм і вхідними циліндричними насадками з внутрішніми діаметрами  $d = 8,02$  мм.

Досліджувані латунні ТЗ оснащені штуцерами для приєднання імпульсних ліній від п'єзометрів. Штуцери прикріплено до ТЗ зварними швами. Посередині проміжків між штуцерами в стінці ТЗ вмонтовано вхідні циліндричні насадки.

Кількість штуцерів для приєднання імпульсних ліній від п'єзометрів рівна 12, а число входних циліндричних насадок - 11 штук. Вхідні циліндричні насадки з бічним виходом струменя закріплено в стінці ТЗ з можливістю обертання навколо своїх поздовжніх осей на  $0^\circ - 360^\circ$ . Цим регулювали значення кута між напрямками руху потоку в ТЗ і струменя, що приєднувався до нього.

На вхідній торцевій кришці футляра закріплено патрубку для подачі води всередину футляра та для уведення транзитного потоку в ТЗ (рис. 3,а). Імпульсні трубки 18, які з'єднують штуцери 10 із п'єзометрами 20, виведено назовні футляра 11 крізь його задню торцеву кришку (рис 2, рис. 3,б).

#### IV. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

При уведенні транзитного потоку води в ТЗ у його початковій частині утворюється повний напір, який перевищує статичний напір води в футлярі, тобто зовні ТЗ. У цьому випадку вхідна частина експериментального трубопроводу-збирача працює в режимі розподільного трубопроводу і роздає воду (рис. 6). На решті довжини ТЗ напір у ньому менший, ніж у футлярі. Тому середній і кінцевий відрізки ТЗ працюють в режимі трубопроводу-збирача.

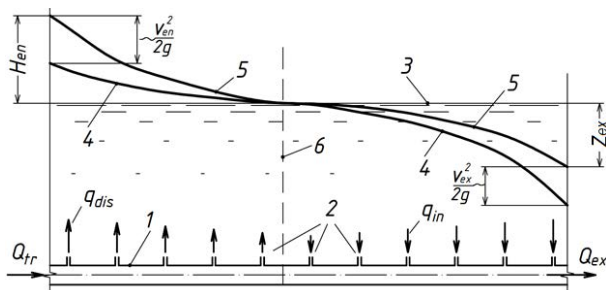


Рис. 6. Схема роботи напірного ТЗ, за наявності транзитного потоку рідини на вході: 1 – стінка ТЗ; 2 – вхідні насадки; 3 – рівень рідини зовні ТЗ; 4 – лінія п'єзометричного напору для потоку в ТЗ; 5 – те саме, лінія повного напору; 6 – межа ділянок роздачі та збирання рідини;  $H_{en}$  – робочий напір на вході у ТЗ;  $Z_{ex}$  – те саме, на виході;  $Q_{tr}$  – транзитна витрата рідини;  $Q_{ex}$  – витрата рідини на виході з ТЗ;  $q_{dist}$  – витрата рідини крізь одну насадку на ділянці її роздачі;  $q_{in}$  – те саме, на ділянці збирання рідини;  $v_{en}^2/2g$  – швидкісний напір транзитного потоку на вході у ТЗ;  $v_{ex}^2/2g$  – швидкісний напір потоку на виході з ТЗ [3]

Розподіл робочих напорів  $H$  та  $Z$  уздовж ТЗ графічно зображено на рис. 7,а,б, витрат струменів води крізь насадки  $q$ , котрі витікають з ТЗ та впливають в ТЗ – на рис. 7,в,г та витрат води  $Q$  всередині ТЗ – на рис. 7,д,е. Верхні частини а, в, д рис. 7 представляють відрізок ТЗ, на якому струмені води входять в ТЗ, нижні б, г, е – репрезентують відрізок роздачі води з ТЗ, на якому ТЗ працює у режимі розподільного трубопроводу. Тому для відрізка роздачі води величини  $H$  і  $q$  та  $Q$  подано зі знаками мінус.

З рис. 7, бачимо, що при вищій витраті транзитного потоку  $Q_{tr}$  більша кількість насадок здійснює роздачу води з ТЗ. Пояснити це можна так. Транзитний потік за рахунок своєї швидкості має визначальну кінетичну енергію, а повний напір потоку  $H_{PT}$  в ТЗ на відрізку роздачі води є вищим, ніж напір  $H_{out}$ , що діє зовні ТЗ.

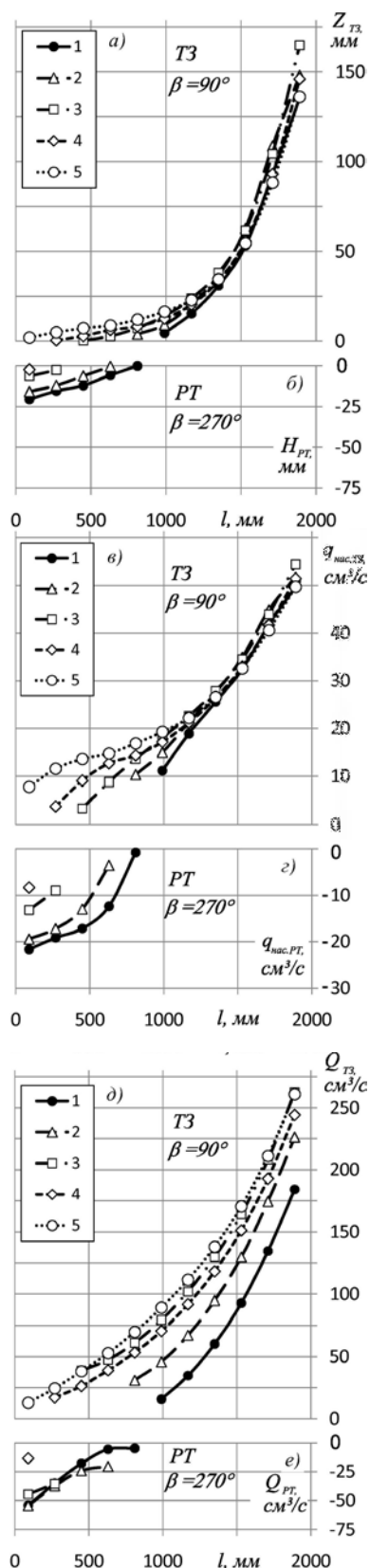


Рис. 7. Розподіл по довжині трубопроводу з  $D = 20,18$  мм і з насадками  $d = 8,02$  мм : а - робочих напорів на відрізку ТЗ; б - те саме, PT; в - витрат води крізь окремі насадки на відрізку ТЗ; г - те саме, PT; д - витрат води всередині трубопроводу на відрізку ТЗ; е - те саме, PT, при різних значеннях витрати транзитного потоку  $Q_{tr}$  в  $см^3/с$ : 75,81 - (1); 73,81 - (2); 57,52 - (3); 21,68 - (4); 5,11 - (5)

За відсутності транзитного потоку на вході в ТЗ роздачі рідини з нього не спостерігалось.

V. ЗАПРОПОНОВАНИЙ МЕТОД УСУНЕННЯ РОЗДАЧІ РІДИНИ З ТРУБОПРОВОДУ-ЗБИРАЧА

Нами запропоновано спосіб усунення роздачі рідини з напірного трубопроводу-збирача та забезпечення її притоку у ТЗ за наявності транзитної витрати рідини на вході в ТЗ [3]. Для цього в ТЗ у створах вхідних насадок (або вхідних отворів) закріплюють еластичні вставки (рис. 8), які локально стискають потік.

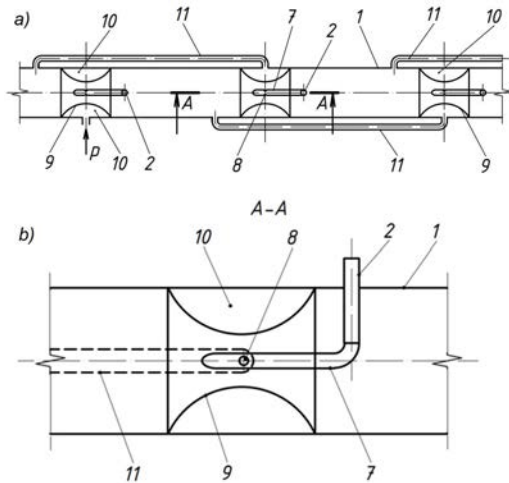


Рис. 8. Схема запропонованого трубопроводу-збирача: а – загальний вигляд; б – переріз А-А вузла з еластичною вставкою та вхідною насадкою: 1 – стінка ТЗ; 2 – вхідні насадки з відповідною трубкою 7; 8 – вихідний отвір відповідної трубки 7; 9 – еластична вставка; 10 – замкнений простір між внутрішньою стінкою ТЗ та еластичною вставкою 9; 11 – з’єднувальна трубка [3]

Між поверхнею еластичної вставки і внутрішньою стінкою ТЗ утворюється замкнений тороподібний простір. Останній з’єднують за допомогою трубки 11 з потоком в ТЗ перед попередньою вхідною насадкою. Таким чином тиск, наявний у створі потоку перед попередньою вхідною насадкою, передають у замкнений тороподібний простір нижчої за потоком насадки.

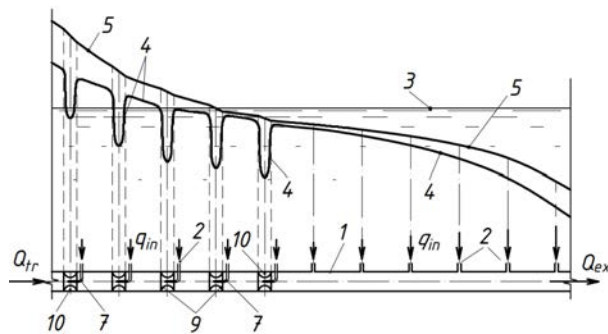


Рис. 9. П’єзометрична лінія та лінія повного напору потоку у напірному ТЗ, оснащеному локальними еластичними вставками, за наявності транзитного потоку  $Q_{tr}$  на вході у ТЗ (пояснення до цифрових позначень подано під рис. 8) [3]

За рахунок збільшення швидкості потоку у звуженому перерізі, створеному еластичною вставкою, тиск у ньому падає і стає меншим, ніж у замкненому просторі між еластичною вставкою і стінкою ТЗ. Сила, створювана різницею названих тисків, переміщає внутрішню частину еластичної вставки у радіальному напрямку до осі потоку. Тоді тиск у звуженому перерізі потоку стає меншим, ніж зовні ТЗ. Внаслідок цього витікання рідини з ТЗ припиняється та змінюється на її всмоктування в ТЗ (рис. 8).

Притік рідини в ТЗ забезпечується на кожному вхідному отворі, у створі котрого встановлено еластичну вставку (рис. 8, рис. 9).

VI. ВИСНОВКИ

В результаті експериментальних досліджень виявлено, що уведення транзитного потоку рідини у вхідний переріз напірного трубопроводу-збирача спричинює роздачу рідини на початковому відрізку його довжини. Запропоновано спосіб усунення роздачі рідини з напірного трубопроводу-збирача та забезпечення притоку рідини у ТЗ. Суть винайденого способу полягає у встановленні у ТЗ, у створах вхідних насадок, локальних еластичних звужувальних вставок. У замкнений тороподібний простір, утворений між еластичною звужувальною вставкою та внутрішньою стінкою ТЗ, подають тиск із створу ТЗ, що перед попередньою звужувальною вставкою. Сила цього тиску переміщає стінки еластичної звужувальної вставки у радіальному напрямку до осі ТЗ. Тиск у створі вихідного отвору вхідної насадки стає меншим, ніж зовні ТЗ. Витік рідини з ТЗ припиняється та змінюється на її всмоктування в ТЗ. Це відбувається на кожній із вхідних насадок, у створах яких встановлено еластичні звужувальні вставки.

REFERENCES

[1] Zhou, J., Ding, M., Bian, H., Zhang, Y., Sun, Zh. “Numerical investigation on the characteristic of the reverse flow phenomenon in a Z-type parallel compact heat exchanger with large number of tubes”. International Conference on Nuclear Engineering, Proceedings, Volume 6A2018, 26<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering, London 22-26 July 2018, 141167. doi:10.1115/ICONE26-81242 (2018).

[2] Чернюк В. В., Іванів В. В. “Вплив транзитної витрати води на роздачу та притік крізь насадки в напірному трубопроводі”. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва. Львів: “Львівська політехніка”, № 844, 2016. с. 216-227.

[3] Патент на винахід № 128075. Україна, МПК G05D 7/00, F17D 1/08, E02B 11/00, F16L 9/18. Спосіб регулювання притоку рідини в напірний трубовід-збирач і пристрій для його реалізації / Чернюк В. В., Іванів В. В., Бігун І.В., Фасуляк В. С, Чернюк М. В. (Україна); Національний університет “Львівська політехніка”. – а202201571; Заявлено 16.05.2022. Опубліковано 28.03.2024, Бюлетень № 13, Український інститут інтелектуальної власності. – 5 с.