

В. В. ЧЕРНЮК, доктор технічних наук
В. В. ІВАНІВ, аспірант
Національний університет “Львівська політехніка”

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИТОКУ В НАПІРНИЙ ТРУБОПРОВІД-ЗБИРАЧ, ПРОКЛАДЕНИЙ У ПОТОЦІ РІДИНИ

Виготовлено експериментальний стенд для дослідження та регулювання нерівномірності притоку рідини в напірний трубопровід-збирач (ТЗ), прокладений у потоці рідини. Забезпечується регулювання геометричних параметрів ТЗ і кінематичних характеристик зовнішнього та внутрішнього потоків рідини за наявності в ТЗ транзитного потоку рідини з регульованим значенням витрати та при обтіканні ТЗ зовнішнім потоком рідини з регульованим значенням швидкості течії.

Ключові слова: експериментальний стенд, напірний трубопровід-збирач, рух рідини зі змінною витратою.

Изготовлен экспериментальный стенд для исследования и регулирования неравномерности притока жидкости в напорный трубопровод-собиратель (ТС), проложенный в потоке жидкости. Обеспечено регулирование геометрических параметров ТС и кинематических характеристик внешнего и внутреннего потоков жидкости при наличии в ТС транзитного потока жидкости с регулируемым значением расхода и при обтекании ТС внешним потоком жидкости с регулируемым значением скорости течения.

Ключевые слова: экспериментальный стенд, напорный трубопровод-собиратель, движение жидкости с переменным расходом.

An experimental test-benches for investigation and adjustment of non-uniformity of fluid flow into a pressure pipeline-collector (PC) is constructed. Adjustment of geometrical parameters of PC and that of kinematic characteristics is ensured under the pressure of transitive variable flow rate fluid flow in it and under wrapping the PC by an external variable flow rate fluid flow.

Key words: experimental test-benches, pressure pipeline-collector, variable flow rate fluid flow.

Вступ

Напірні трубопроводи-збирачі (ТЗ) з дискретним шляховим приєднанням рідини вздовж потоку поширені у: вентиляції (витяжні системи); водовідведенні (водовідвідні мережі, каналізаційні очисні споруди), меліорації (осушні системи), водо пониженні; водопостачанні (горизонтальні водозбори, променеві водозбори, водопровідні очисні споруди). Часто застосовуються трубопроводи-збирачі, прокладені у потоці рідини, що омиває їх зовні,

наприклад, трубчасті водозабірні оголовки на річках і водосховищах [1]. Точний гідравлічний розрахунок цих трубопроводів можна зробити тільки за допомогою теорії гідравліки змінної витрати рідини [2]. Розроблені методи проектування трубопроводів-збирачів, прокладених в потоці рідини, що ґрунтуються на розв'язанні диференціального рівняння напірного руху рідини змінної витрати [3-4]. Ці методи беруть до уваги усі геометричні параметри трубопроводу-збирача та гідродинамічні характеристики внутрішнього і зовнішнього потоків рідин, зокрема кут відведення струменя β відносно напрямку основного потоку в трубопроводі-збирачі. Аналіз теоретичних залежностей [3-4] показує, що нерівномірність притоку рідини до трубопроводу-збирача можна зменшувати регулюванням (по його довжині) значення кута β між основним потоком в ТЗ і струменями, що приєднуються до нього, проникаючи крізь вхідні насадки. Постає задача експериментальної перевірки запропонованих методів, отриманих теоретично, з можливістю подальшого їх впровадження у виробництво.

Відомі нам експериментальні установки для дослідження напірних ТЗ включали прозорий лоток і змонтований в ньому ТЗ. Останній оснащений штуцерами для відбору напорів й імпульсними лініями, що поєднують штуцери з п'єзометрами. В проміжках між штуцерами для відбору напорів в стінці ТЗ закріплені вхідні насадки [5 с. 55-56; 6]. Притік води в ТЗ у цих стендах диктується робочим напором, який обмежений глибиною лотка. У роботах [5-6] не ставилась задача досліджувати ТЗ, прокладений у потоці рідини.

Мета роботи – розробити та виготовити експериментальний стенд для дослідження нерівномірності притоку рідини до напірних трубопроводів-збирачів, прокладених у потоці рідини та винайти методи регулювання притоку в ТЗ.

Стенд для дослідження нерівномірності притоку рідини до напірних ТЗ

Для досягнення поставленої мети був запроектований і виготовлений експериментальний стенд, принципова схема якого представлена на рис. 1. Стенд працює так. Вода із ємності для води 1, поступає у напірний бачок 2 (поз. 4 на рис. 2). Із останнього подавальним трубопроводом 5 вода направляєється в експериментальний трубопровід-збирач 6, перед яким встановлено лічильники об'єму води 16. ТЗ поміщено в футлярі (рис. 3). Витрати транзитного потоку і притоку води в ТЗ крізь вхідні насадки регулюються засувками, встановленими на вході в футляр і в ТЗ (рис. 1, рис. 3,а). П'єзометричні напори всередині ТЗ вимірюються за допомогою пезометрів 10, з ціною поділок шкали 1,0 мм.

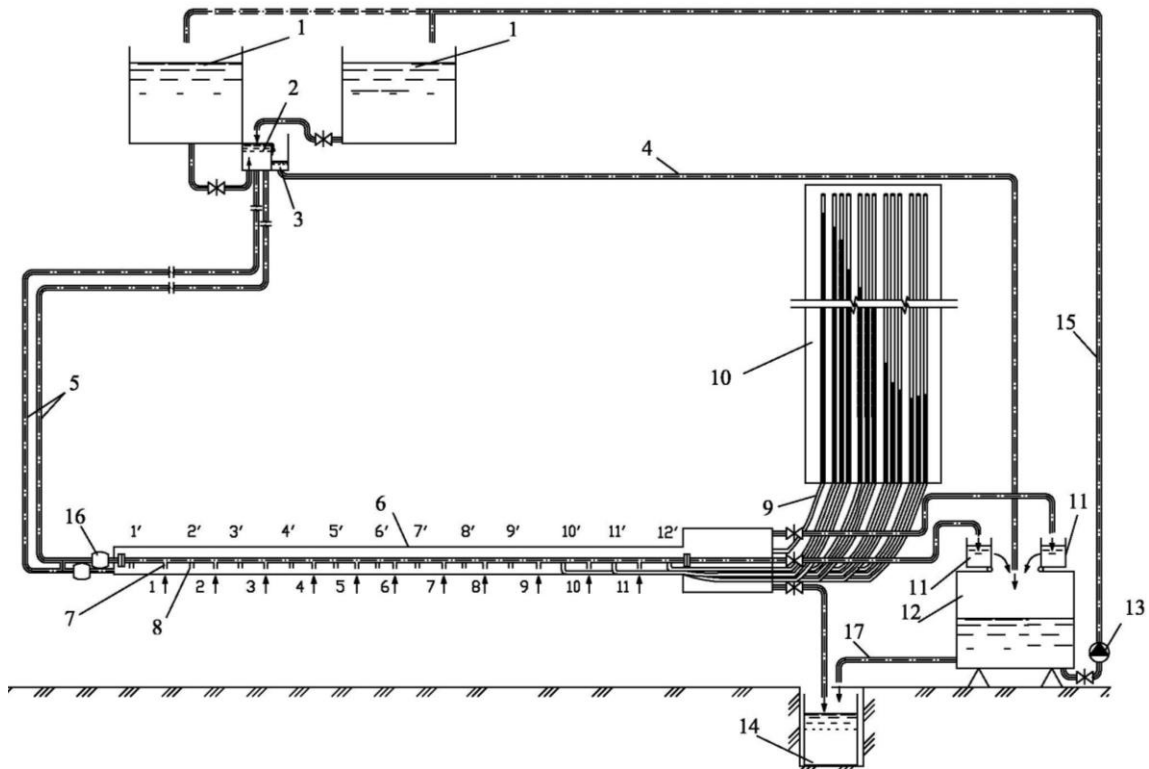


Рис. 1. Схема експериментального стану: **1** – ємності для води; **2** – напірний бачок з переливною стінкою; **3** – скидний бачок; **4** – скидний трубопровід; **5** – подавальний трубопровід; **6** – експериментальний трубопровід-збирач в футлярі; **7** – вхідні насадки; **8** – штуцери для приєднання імпульсних ліній; **9** – імпульсні трубки; **10** – щит п'єзометрів; **11** – мірні посудини; **12** – приймальний бак; **13** – помпа; **14** – водозбірна ємність; **15** – зворотній трубопровід; **16** – лічильники; **17** – скидний трубопровід; **1 – 11** – вхідні насадки; **1¹-12¹** – порядкові номери штуцерів (імпульсні лінії від штуцерів **1¹-9¹** умовно не показані)

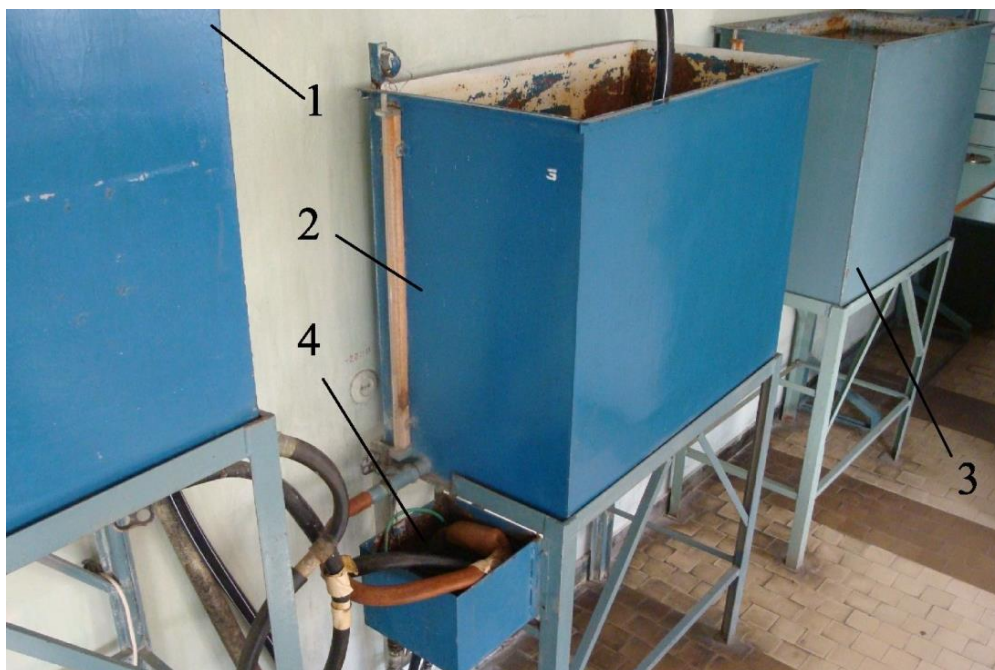


Рис. 2. Ємності для води: **1-3** – ємності; **4** – напірний бачок з водозливною стінкою

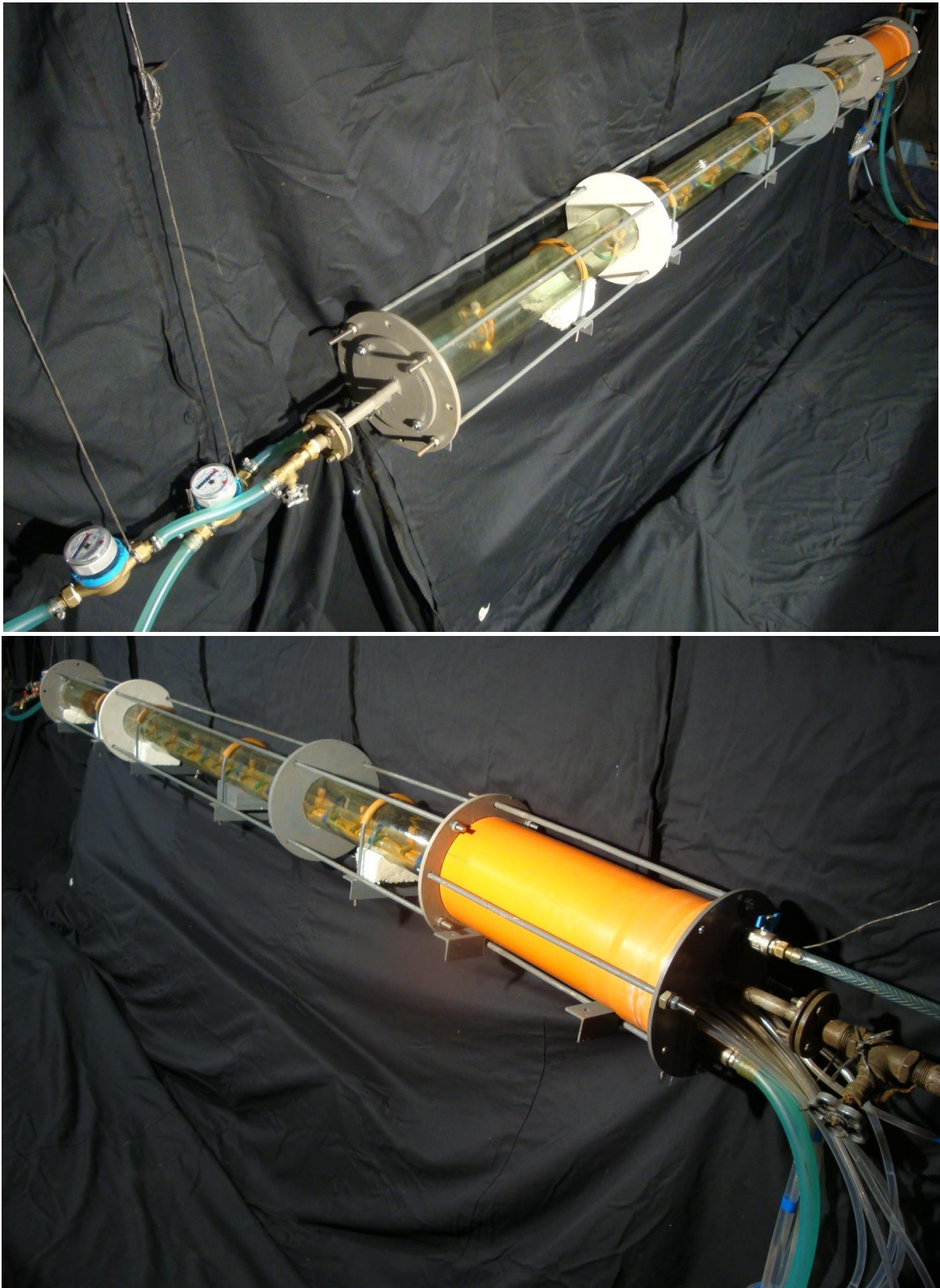


Рис. 3. Загальний вигляд експериментального трубопроводу-збирача:
а – вхідна частина; б – вихідна ділянка

Експериментальний трубопровід-збирач. Для забезпечення можливості регулювання робочого напору на вхідних насадках трубопроводу-збирача та з метою створення зовнішнього потоку, котрий омиває ТЗ зовні, експериментальний ТЗ поміщено в герметичний напірний футляр (рис. 3-рис. 5). Футляр має прозору ділянку з діаметром 120 і довжиною 2548 мм, яка забезпечує візуальний контроль за станом і роботою ТЗ (рис. 5) Вихідна ділянка футляра непрозора. Вона коротша (довжина 510 мм), але має більший діаметр, який рівний 250 мм, оскільки на його вихідному торці закріплено дванадцять патрубків 27 для виведення такої самої кількості імпульсних ліній з футляра назовні (рис. 4) до п'єзометричного щита. З'єднання труб фланцеві для зручності монтування.

Вода подається в ТЗ і відводиться від нього крізь гнучкі армовані гумові шланги (рис. 3). Досліджуваний трубопровід-збирач покладено всередині футляра, на підпорах 16. На вхідній торцевій кришці 18 вмонтовано патрубок 21 для подачі води усередину футляра. На фланці 12, встановлено дванадцять монтажних патрубків 27 для сполучення імпульсних гумових труб 9, які з'єднують штуцери з п'єзометричним щитом. На фланці 12 також закріплено патрубки 22, 23 відповідно для опорожнення футляра та випуску повітря з нього.

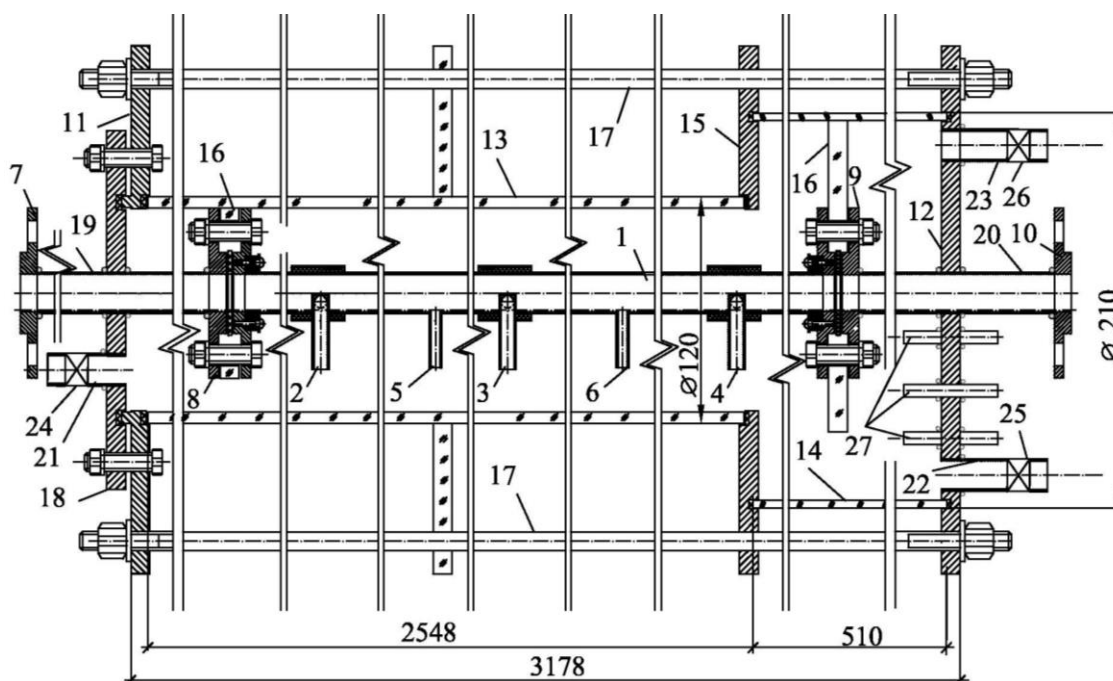


Рис. 4. Монтажна схема експериментального ТЗ: 1 – ТЗ; 2-4 – вхідні насадки; 5, 6 – штуцери для під'єднання імпульсних ліній; 7-10 – з'єднувальні фланці; 11, 12 - монтажні торцеві фланці; 13 – прозора ділянка футляра; 14 – те саме, непрозора; 15 - монтажна шайба; 16 – підпорка; 17 – монтажні тяги; 18 - вхідна торцева кришка; 19, 20 - підвідна та відвідна труби; 21-23 – патрубки відповідно для наповнення й опорожнення футляра та для випуску повітря; 24-26 – вентилі; 27 – патрубки для імпульсних ліній

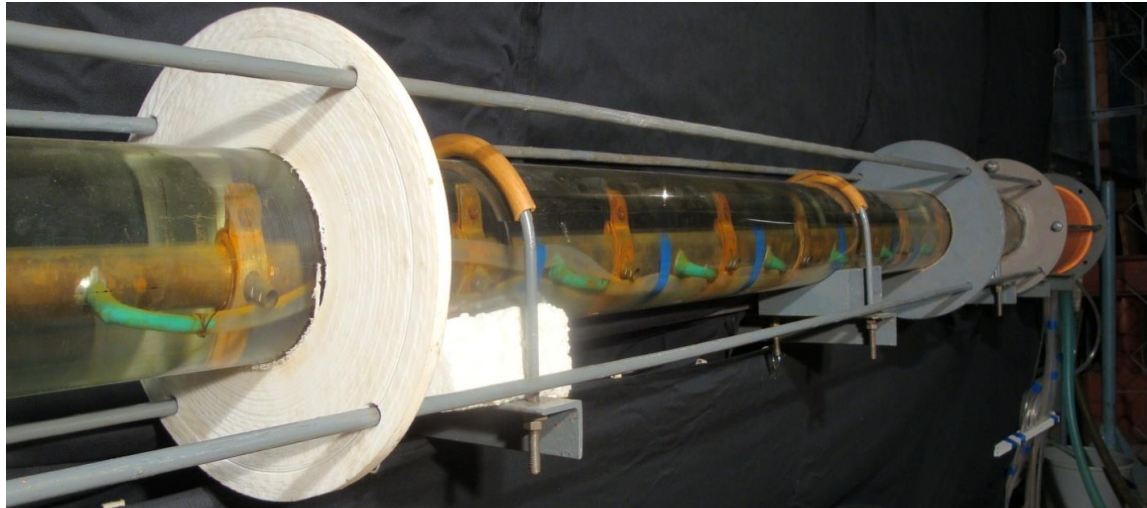


Рис. 5. Ділянка прозорого футляра з вмонтованим ТЗ (внутрішній діаметр ТЗ $D = 22$ мм, те саме, вхідних насадок $d = 8$ мм)

Досліджувані трубопроводи-збирачі (рис. 6) оснащені штуцерами для приєднання імпульсних ліній від п'єзометрів. Посередині проміжків між штуцерами в стінці ТЗ вмонтовано вхідні циліндричні насадки.

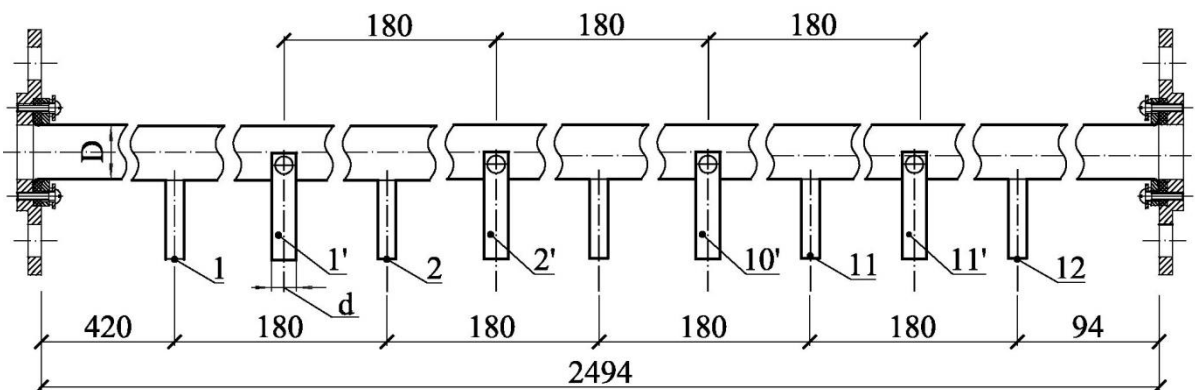


Рис. 6. Схема експериментального трубопроводу-збирача: **1, 2,..11, 12** – штуцери для приєднання імпульсних ліній від п'єзометрів; **1', 2',..10', 11'** – вхідні циліндричні насадки з ортогональним бічним виходом струменя

З метою спрощення монтажу при регулюванні значення кута β між основним потоком рідини Q в трубопроводі-збирачі і струменем q , який входить всередину ТЗ, застосовано циліндричні вхідні насадки з ортогональним виходом струменя біля заглушеного торця насадки (рис. 7). Діаметр бічного вихідного отвору насадки рівний внутрішньому діаметру d насадки. Вхідні насадки закріплені у стінці ТЗ з можливістю повороту відносно їхньої поздовжньої осі (рис. 8), що забезпечує фіксацію кожної з насадок з іншим значенням кута β .

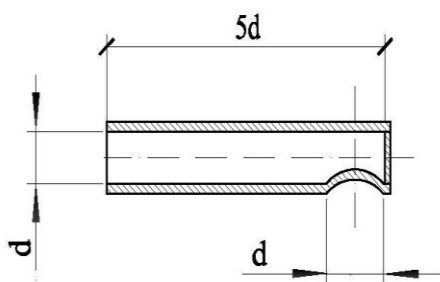


Рис. 7. Вхідні циліндричні насадки з ортогональним бічним виходом:
а – схема; б – загальний вигляд

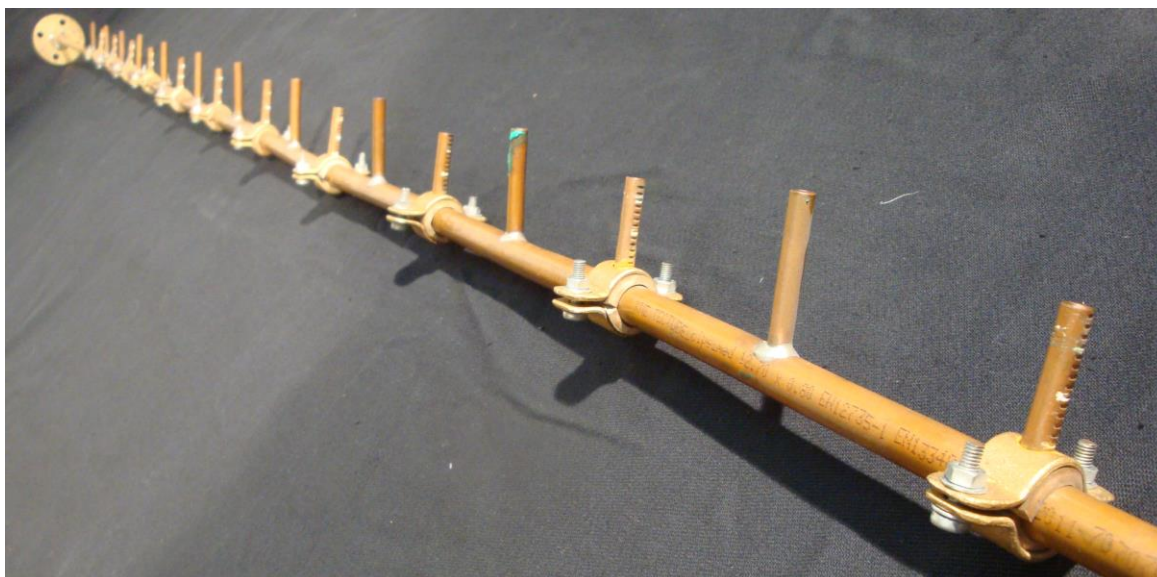


Рис. 8. Експериментальний трубопровід-збирач (внутрішній діаметр ТЗ $D = 10$ мм, те саме, вхідних насадок $d = 4$ мм)

Для дослідження впливу швидкості зовнішнього потоку рідини на її притік в ТЗ, на його зовнішній поверхні у створах вхідних насадок закріплюють діафрагми з отворами для ТЗ, імпульсних ліній і каліброваними отворами для насадок. Витрата зовнішнього потоку в кільцевому проміжку між внутрішньою поверхнею футляра та зовнішньою поверхнею ТЗ змінна. Вона зменшується у створі i -тої вхідної насадки на значення витрати q_i , котра проникає крізь цю насадку усередину ТЗ.

Визначивши витрату зовнішнього потоку в створі i , з урахуванням потрібної його швидкості, обчислюють площу каліброваного отвору діафрагми.

За необхідності вивчення впливу кута ξ_i між напрямками швидкості v_i приєднуваного струменя (у вхідному перерізі вхідного отвору (насадки)) та швидкості V_{out} зовнішнього потоку, на вхідних отворах насадок закріплюють коліна з внутрішнім діаметром d (або наконечники такої самої конструкції як

на вихідному кінці насадки) з можливістю повертання їх відносно поздовжньої осі насадки. За необхідності вивчення впливу кута ξ_i між напрямками швидкості v_i приєднуваного струменя (у вхідному перерізі вхідного отвору (насадки)) та швидкості V_{out} зовнішнього потоку, на вхідних отворах насадок закріплюють коліна з внутрішнім діаметром d (або наконечники такої самої конструкції як на вихідному кінці насадки) з можливістю повертання їх відносно поздовжньої осі насадки.

Вплив кута нахилу поздовжньої осі ТЗ до обрію ψ досліджують змінюванням нахилу еспериментального ТЗ. Виготовлено комплект трубопроводів-збирачів з різними значеннями співвідношень площі струменя, що приєднується, до площі поперечного перерізу ТЗ $(d/D)^2$. Експериментально встановлено значення коефіцієнта витрати μ вхідних циліндричних насадок, зображених на рис. 7, залежно від кута β приєднання струменя q та співвідношень $(d/D)^2$ [7].

Висновки

Виготовлено експериментальний стенд для дослідження нерівномірності притоку рідини в напірний трубопровід-збирач (ТЗ), прокладений у потоці рідини та за наявності усередині ТЗ транзитного потоку. Забезпечено регулювання геометричних параметрів трубопроводу-збирача (співвідношення діаметрів ТЗ та насадків; кута нахилу ТЗ до обрію) і кінематичних характеристик зовнішнього та внутрішнього потоків рідини (швидкостей потоків; кута між основним потоком рідини в трубопроводі-збирачі і струменем, що приєднується; кута між напрямками руху приєднуваного струменя та зовнішнього потоку). Попередні результати теоретичних і експериментальних досліджень підтверджують можливість регулювання нерівномірності притоку рідини до ТЗ змінюванням названих вище геометричних параметрів ТЗ і кінематичних характеристик потоків і струменів, які приєднуються.

Список літератури

1. *Чернюк В. В.* Гідравлічний розрахунок трубчастих водозабірних оголовків з бічними водоприймальними вікнами / В. В. Чернюк, М. П. Босак, О. Г. Гвоздецький // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2012. – № 737. – С. 213-225.
2. *Навоян Х. А.* Примеры гидравлических расчётов водопропускных сооружений / Х. А. Навоян. – К.: Будівельник, 1975. – 148 с.
3. *Chernyuk Volodymyr V.* A method of calculation for pressure collecting-pipelines / Volodymyr V. Chernyuk // Zeszyty Naukowy Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. – Rzeszów, Poland: Politechnika Rzeszowska, 2009. – Nr 266, z. 54. - S. 19-25.
4. *Chernyuk Volodymyr V.* Experimental Verification of a New Method of Calculation for Pressure Distributive Pipelines / Volodymyr V. Chernyuk, Vadym I. Orel // Zeszyty Naukowy Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i

Inżynieria Środowiska – Rzeszów, Poland: Politechnika Rzeszowska, 2009. – Nr 266, z. 54. – S. 27-34.

5. *Волощук В. А.* Дослідження гідравлічних опорів і гідравлічні розрахунки трубопроводів з дискретно змінними витратами уздовж потоку: дис. канд. техн. наук: 05.23.16 / Волощук Володимир Андрійович. – Рівне: Рівненськ. держ. техн. ун-т, 2001. – 217 с.

6. *Кравчук А. М.* Гідравліка змінної маси напірних трубопроводів технічних систем: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.16 “Гідравліка і інженерна гідрологія” / А. М. Кравчук. – К., 2004. – 35 с.

7. *Vasyl Ivaniv.* Influence of Jet-to-main stream Turning Angle in Fluid Flow from Cylindrical Nozzle of Collector-pipeline on Flow Coefficient [Electronic source] / Ivaniv Vasyl, Cherniuk Volodymyr // XVth International Scientific Conference “Current Issues of Civil and Environmental Engineering and Architecture, Rzeszów-Lviv-Košice. 9-10 September 2015, Rzeszów, Poland. – 10 pages. – 1 electron.-optical disc (CD-ROM).

Надійшло до редакції 15.11.2015

УДК 628.34.46

Е.В. ЮРКОВ, кандидат технических наук

Н.В. БОНДАРЕНКО, кандидат физизико-математических наук

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

А.Д. ЮРКОВ, инженер УкрНИИВодоканалпроект

РАСТВОРЕНИЕ НЕДООБОЖЖЕННОГО ДОЛОМИТА В РЕЖИМЕ ФИЛЬТРОВАНИЯ ВОДЫ

Представлено результати досліджень процесів розчинення недопаленого доломіту в динамічних умовах в залежності від крупності матеріалу, швидкості фільтрування, рН і жорсткості вихідної води. На підставі експериментальних досліджень були отримані емпіричні формули, що визначають зміну загальної, магнієвої, кальцієвої жорсткості від прийнятих параметрів.

Ключові слова: недопалений доломіт; магній; кальцій; жорсткість; фільтрація; рН води.

Представлены результаты исследования процесса растворения недообожжённого доломита в динамических условиях в зависимости от крупности материала, скорости фильтрования, рН и жесткости исходной воды. На основании экспериментальных исследований получены эмпирические формулы, определяющие изменение общей, магниевой и кальциевой жесткости от принятых параметров.