

**ВПЛИВ КУТА ПРИЄДНАННЯ СТРУМЕНІВ
НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ ПРИТОКУ ДО НАПІРНОГО ТРУБОПРОВОДУ-ЗБИРАЧА
ЗАЛЕЖНО ВІД КРИТЕРІЮ РЕЙНОЛЬДСА**

Іванів В.В., аспірант
Національний університет "Львівська політехніка"
ivaniv91@ukr.net

Анотація. Представлено результати експериментальних досліджень впливу кутів приєднання струменів β на нерівномірність притоку води до напірного трубопроводу-збирача (ТЗ) залежно від критерію Рейнольдса Re_D . Внутрішній діаметр досліджуваного ТЗ $D = 20,18$ мм, а входних насадок – $d = 8,02$ мм. Довжина ТЗ становила 2494 мм, в тому числі перфорована частина $l = 1800$ мм. Відстань між насадками рівна 180 мм. Напір води H зовні експериментального трубопроводу змінювався в межах від 500 до 2000 мм. Досліджено трубопровід-збирач з такими кутами $\beta : 0^\circ ; 45^\circ , 90^\circ , 135^\circ$ та 180° . Нерівномірність притоку рідини до ТЗ не зменшується при зменшенні значення критерію Рейнольдса Re_D . Отже, для регулювання нерівномірності притоку потрібно обрати інший критерій.

Ключові слова: трубопровід-збирач, кут приєднання струменя, нерівномірність притоку.

**ВЛИЯНИЕ УГЛОВ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СТРУЙ НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ
ПРИТОКА К НАПОРНОМУ ТРУБОПРОВОДУ-СОБИРАТЕЛЮ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРИТЕРИЯ РЕЙНОЛЬДСА**

Иванив В.В., аспирант
Национальный университет "Львовская политехника"
ivaniv91@ukr.net

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния углов присоединения струй на неравномерность притока воды к напорному трубопроводу-собирателю (ТС) в зависимости от критерия Рейнольдса. Внутренний диаметр исследуемого ТС $D=20,18$ мм, а входных насадок – $d = 8,02$ мм. Длина ТС составила 2494 мм, в том числе перфорированная часть $l = 1800$ мм. Расстояние между насадками равно 180 мм. Напор воды снаружи экспериментального трубопровода изменялся в пределах от 500 до 2000 мм. Исследован трубопровод-собиратель с такими углами $\beta : 0^\circ ; 45^\circ , 90^\circ , 135^\circ$ та 180° . Неравномерность притока жидкости к ТС не уменьшается при уменьшении значения критерия Рейнольдса Re_D . Следовательно, для регулирования неравномерности притока нужно выбрать другой критерий.

Ключевые слова: трубопровод-собиратель, угол присоединения струи, неравномерность притока.

**THE INFLUENCE OF ANGLES OF JOINING THE JETS ON THE NON-
UNIFORMITY OF INFLOW TO THE PRESSURE PIPE-COLLECTOR, DEPENDING ON
THE REYNOLDS CRITERION**

Ivaniv V.V., postgraduate
Lvov National University "Lvov Polytechnic"
ivaniv91@ukr.net

Abstract. The results of experimental studies of the influence of jets joining the corners of the uneven flow of water to the pressure pipe-collector, depending on the Reynolds number. The inner diameter of the test vehicle $D = 20,18 \text{ mm}$, and the input nozzle $d = 8,02 \text{ mm}$. The length of pipe-collector was 2494 mm , including the perforated portion of $l = 1800 \text{ mm}$. Distances between the nozzles is 180 mm . Water pressure outside of the experimental pipeline was varied from 500 to 2000 mm . Studied the pipe-collector with such angles $\beta: 0^\circ; 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ and 180° . The unevenness of the liquid flow to pipe-collector does not decrease with decreasing values of the Reynolds number. Consequently, for controlling the inflow unevenness select another criterion. The results suggest that by changing the angle of the jet accession to the mainstream in the vehicle can significantly adjust uneven road inflow of liquid to the vehicle.

Keywords: pipe-collector, spray attachment angle, uneven flow.

Актуальність теми. Потoki зі шляховим приєднанням рідини поширені у водопостачанні; водовідведенні; вентиляції; тепlopостачанні; меліорації; енергетиці й ін. Зазвичай бажаним є рівномірний шляховий притік рідини до трубопроводу-збирача (ТЗ). На нерівномірність роботи ТЗ істотно впливає значення кута приєднання струменів до основного потоку в ТЗ. Однак, відомі нам публікації стосуються ТЗ з ортогональним приєднання струменів до основного потоку в ТЗ, наприклад [1, 2]. Повідомлення про вплив кута приєднання струменів на нерівномірність роботи ТЗ нам невідомі.

Мета роботи – дослідити вплив значення кута приєднання струменів рідини до основного потоку в трубопроводі-збирачі на нерівномірність притоку до ТЗ залежно від значення критерію Рейнольдса.

Експериментальний стенд включав напірний трубопровід-збирач з внутрішнім діаметром $D = 20,18 \text{ мм}$. ТЗ оснащено одинадцятьма входними насадками, встановленими з можливістю регулювання кута приєднання струменів β відносно основного потоку у ТЗ (рис. 1). Внутрішні діаметри насадок $d = 8,02 \text{ мм}$. Довжина досліджуваного трубопроводу-збирача становить 2494 мм , в тому числі перфорована частина $l = 1800 \text{ мм}$. Відстані між насадками рівна 180 мм . ТЗ був встановлений не в лотку, як традиційно [1], а в прозорому футлярі [3]. Напір води H в футлярі, тобто зовні експериментального ТЗ, змінювали в межах від 500 до 2000 мм .

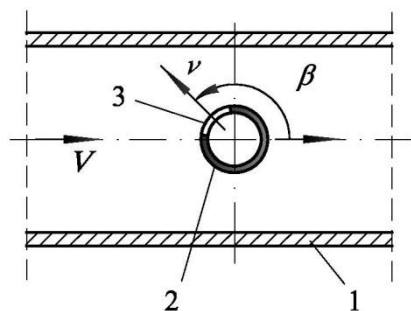


Рис. 1. Схема відліку кута приєднання струменя β :
1 – стінка трубопроводу-збирача; 2 – входна насадка з $\beta = 135^\circ$ (поперечний розріз); 3 – вихідний отвір входної насадки; V – середня швидкість основного потоку в ТЗ; v – те саме, струменя, який входить крізь насадку в ТЗ

Математична обробка експериментальних даних. Робочий напір на i -тій входній насадці обчислювали за формулою:

$$Z_i = H - \frac{p_i}{\rho g} - \frac{\alpha_0 V_i^2}{2g}, \quad (1)$$

де H – фактичний напір зовні трубопроводу-збирача; $p_i/\rho g$ – п'єзометричний напір на i -ій насадці; $\alpha_0 V_i^2/2g$ – швидкісний напір у ТЗ перед i -ою насадкою.

Притік води всередину ТЗ крізь i -ту насадку обчислювали залежно від робочого напору Z_i на ній:

$$q_i = \mu_i \omega_d \sqrt{2gZ_i}, \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт витрати насадки, його значення $\mu = f(Re_d)$ для досліджуваних насадок нами встановлено експериментально [4]; ω_d – площа поперечного перерізу насадки; g – коефіцієнт прискорення вільного падіння; Z_i – робочий напір на насадці.

Значення критерію Рейнольдса обчислювали за формулою:

$$Re = \frac{VD}{\nu}, \quad (3)$$

де, D – діаметр трубопроводу-збирача; V – середня швидкість основного потоку в ТЗ; ν – кінематична в'язкість, рідини.

Нерівномірність розподілу Z_i робочих напорів уздовж ТЗ [5]:

$$\eta_z = Z_m / Z_{beg}, \quad (4)$$

де, Z_m – максимальний або мінімальний напір на насадках, у наших дослідках це напір на останній насадці $Z_m = Z_{end} = Z_{11}$; $Z_{beg} = Z_1$ – напір на першій насадці.

Нерівномірність розподілу притоку рідини до трубопроводу-збирача [5]:

$$\eta_q = q_m / q_{beg}, \quad (5)$$

де, q_m – максимальний або мінімальний притік крізь одну насадку; q_{beg} – притік крізь першу насадку.

Результати експериментальних досліджень. На рис. 2, а – рис. 6, а графічно подано розподіл Z_i уздовж трубопроводу-збирача. Напори Z_i на кожній з одинадцяти насадок обчислювали за формулою (1). Відповідно, шляховий розподіл притоку води з футляра всередину ТЗ, зображено на рис. 2, б – рис. 6, б. Показані залежності $Z = f(l)$ та $q = f(l)$ на рис. 2 – рис. 6 для критерію Рейнольдса Re_D : 7644-11876; 8398-12834; 8945-15267; 10703-16863; 7603-13659. Значення температур води в ТЗ знаходилось в межах $T = 13,8 - 20,0^\circ C$.

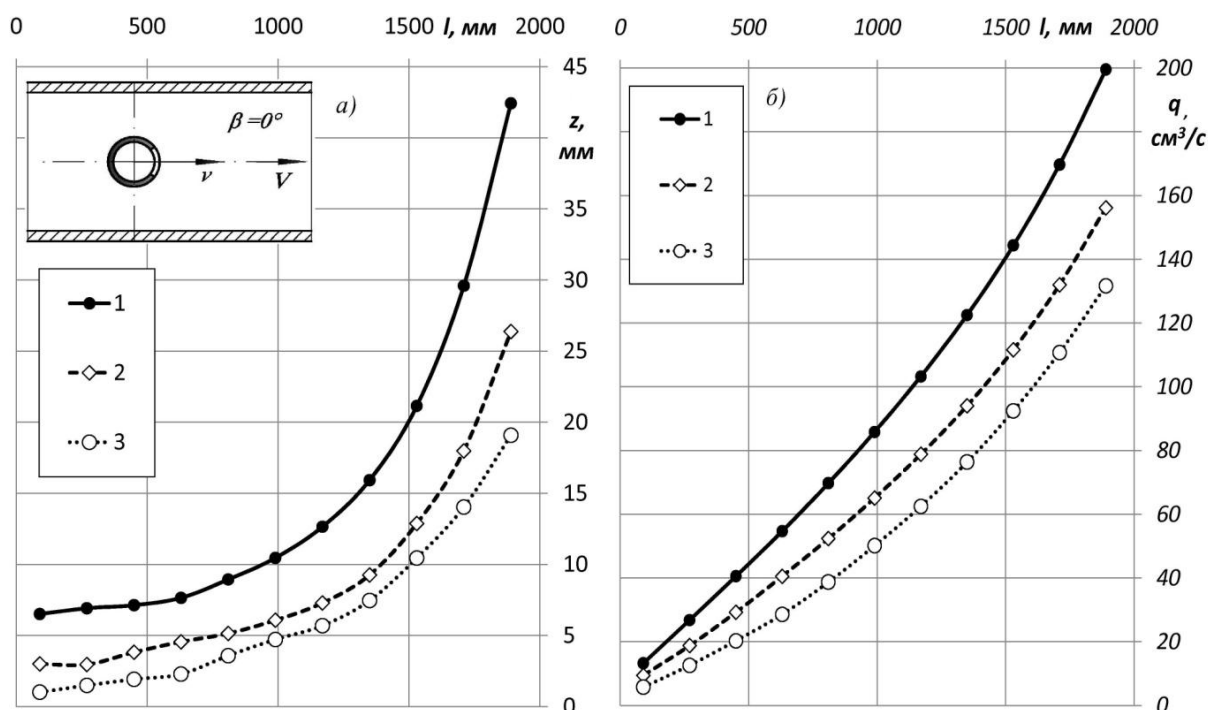


Рис. 2. Графіки залежностей робочих напорів $Z = f(l)$ (а) та притоку рідини $q = f(l)$ (б) для $\beta = 0^\circ$ при Re_D : 1 – $Re_D = 11876$; 2 – $Re_D = 9064$; 3 – $Re_D = 7644$

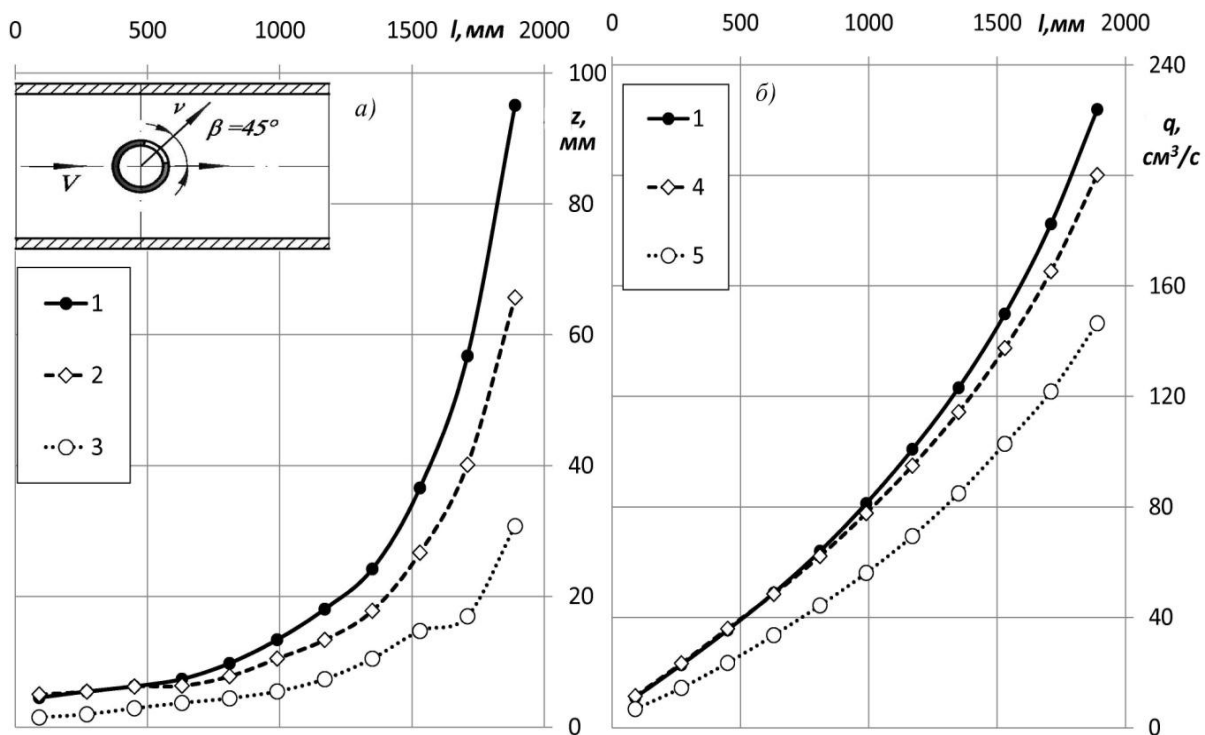


Рис. 3. Графіки залежностей робочих напорів $Z = f(l)$ (а) та притоку рідини $q = f(l)$ (б) для $\beta = 45^\circ$ при Re_D : 1 – $Re_D = 12834$; 2 – $Re_D = 11477$; 3 – $Re_D = 8398$

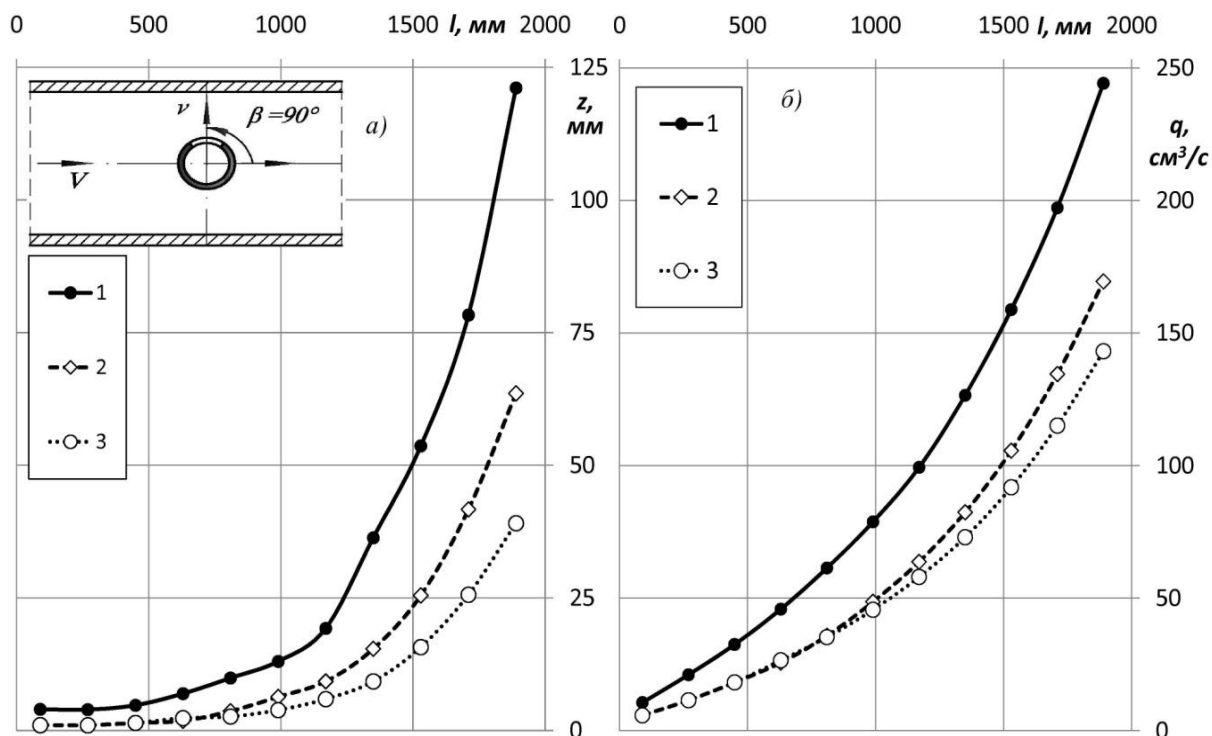


Рис. 4. Графіки залежностей робочих напорів $Z = f(l)$ (а) та притоку рідини $q = f(l)$ (б) для $\beta = 90^\circ$ при Re_D : 1 – $Re_D = 15267$; 2 – $Re_D = 10592$; 3 – $Re_D = 8945$

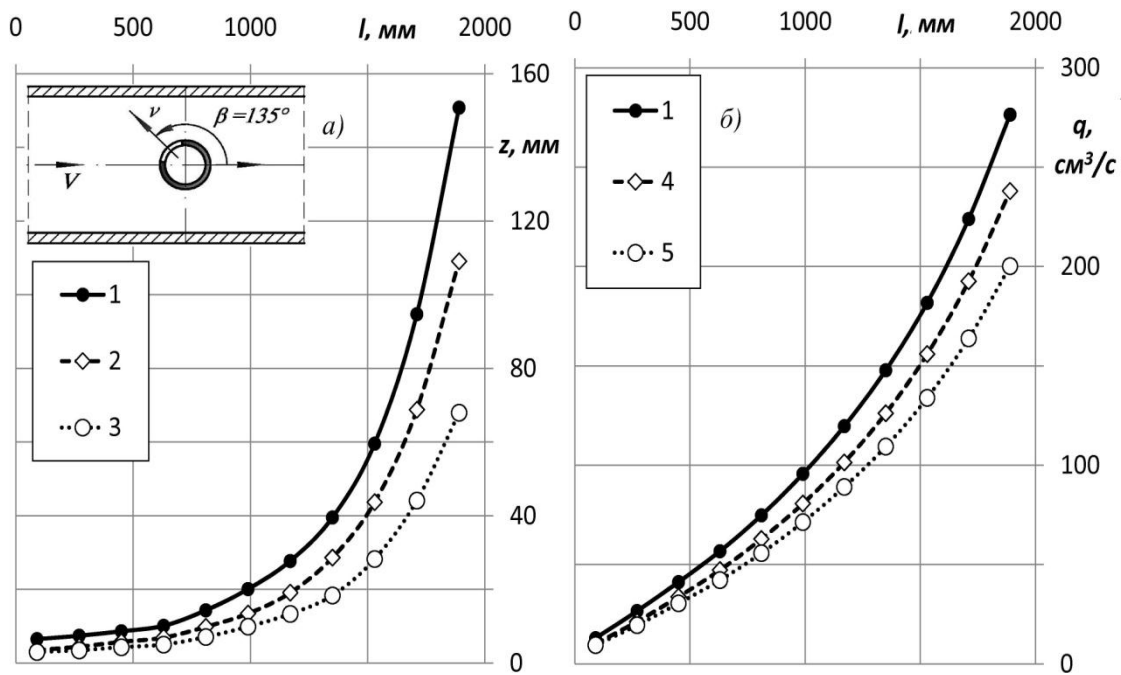


Рис. 5. Графіки залежностей робочих напорів $Z = f(l)$ (а) та притоку рідини $q = f(l)$ (б) для $\beta = 135^\circ$ при Re_D : 1 – $Re_D = 16863$; 2 – $Re_D = 12719$; 3 – $Re_D = 10703$

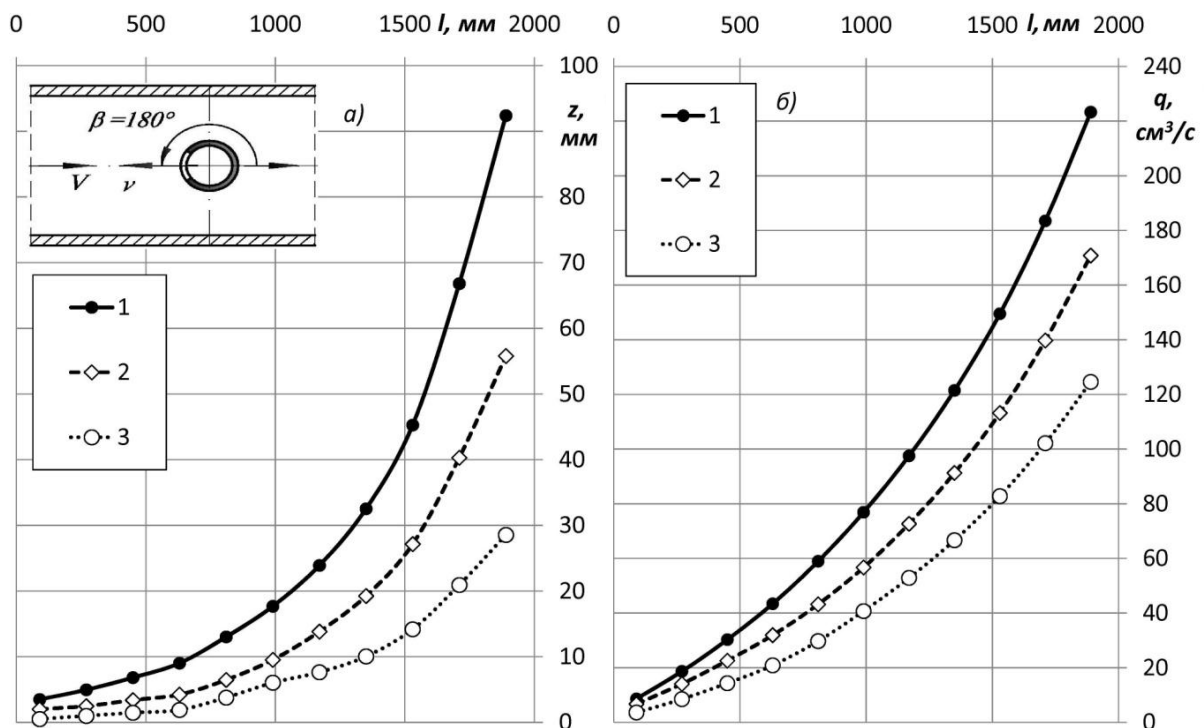


Рис. 6. Графіки залежностей робочих напорів $Z = f(l)$ (а) та притоку рідини $q = f(l)$ (б) $\beta = 180^\circ$ при Re_D : 1 – $Re_D = 13659$; 2 – $Re_D = 10447$; 3 – $Re_D = 7603$

В табл. 1 подано нерівномірність притоку води до ТЗ залежно від критерію Рейнольдса Re_D . Відповідно в табл. 2 – нерівномірність робочих напорів в ТЗ.

Нерівномірність притоку рідини до ТЗ та робочих напорів у них, не зменшується при змінні значення критерію Рейнольдса Re_D . Тому, для регулювання нерівномірності притоку потрібно обрати інший критерій. На нерівномірність роботи ТЗ істотно впливає значення кута приєднання струменів до основного потоку в ТЗ. Наприклад, нерівномірність притоку води до ТЗ для близьких за значенням критеріїв Рейнольдса $Re_D = 7603 - 7644$, з кутом приєднання $\beta = 0^\circ$ (табл. 1) отримано у 1,51 рази меншу, ніж у ТЗ з кутом $\beta = 180^\circ$.

Таблиця 1 – Нерівномірність притоку до ТЗ, η_q залежно від критерію Рейнольдса Re_D

Кут, β	Притік води крізь насадку, $см^3/с$		Re_D	$\eta_q = q_m/q_{beg}$
	q_{beg}	q_m		
0°	5,73	131,67	7644	22,98
	9,42	156,13	9064	16,57
	6,87	169,64	10224	24,69
	13,71	190,30	11048	13,88
	13,23	199,50	11876	15,08
45°	6,80	146,49	8398	21,54
	11,47	200,19	11477	17,45
	18,84	223,34	12804	11,85
	10,97	223,87	12834	20,41
	11,95	225,69	12939	18,89
90°	5,75	143,08	8945	24,88
	5,75	169,42	10592	29,46
	9,35	213,12	13323	22,79
	11,66	233,31	14586	20,01
	10,59	244,20	15267	23,06
135°	9,43	200,22	10703	21,23
	10,09	237,93	12719	23,58
	11,05	262,23	16000	23,73
	12,05	274,06	16722	22,74
	12,94	276,38	16863	21,36
180°	3,60	124,60	7603	34,61
	6,72	170,80	10447	25,42
	7,42	187,38	11461	25,25
	7,42	208,07	12727	28,04
	8,61	223,31	13659	25,94

Таблиця 2 – Нерівномірність робочого напору в ТЗ, η_z залежно від критерію Рейнольдса Re_D

Кут, β	Робочі напори на насадках, $мм$		Re_D	$\eta_z = Z_m/Z_{beg}$
	Z_{beg}	Z_m		
0°	1,0	19,08	7644	19,08
	3,0	26,38	9064	8,79
	1,5	44,89	10224	29,93
	7,0	38,30	11048	5,47
	6,5	42,42	11876	6,53
45°	1,5	30,73	8398	20,49
	5,0	65,68	11477	13,14
	6,5	79,00	12804	12,15
	4,5	95,07	12834	21,13
	5,5	92,62	12939	16,84

Кут, β	Робочі напори на насадках, мм		Re_D	$\eta_z = Z_m / Z_{beg}$
	Z_{beg}	Z_m		
90°	1,0	39,07	8945	39,07
	1,0	63,53	10592	63,53
	3,0	94,13	13323	31,38
	5,0	109,39	14586	21,88
	4,0	121,13	15267	30,28
135°	3,0	150,77	10703	50,26
	3,5	109,09	12719	31,17
	4,5	132,27	16000	29,39
	5,5	146,12	16722	26,57
	6,5	150,77	16863	23,20
180°	3,6	124,60	7603	34,61
	6,72	170,80	10447	25,42
	7,42	187,38	11461	25,25
	7,42	208,07	12727	28,04
	8,61	223,31	13659	25,94

Висновки. Досліджено трубопровід-збирач з різними значеннями кута приєднання струменя $\beta : 0^\circ ; 45^\circ , 90^\circ , 135^\circ$ та 180° . Немає визначеної закономірності зменшення нерівномірності притоку рідини до ТЗ та робочих напорів у них, при змінюванні значення критерію Рейнольдса Re_D . Отже, для регулювання нерівномірності роботи ТЗ потрібно обрати інший параметр. Отримані результати свідчать, що при зміні значення кута β приєднання струменя до основного потоку у трубопроводах-збирачах, можна в широкому діапазоні регулювати нерівномірність шляхового притоку рідини до них.

Література

1. 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.
2. 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” / Кравчук Андрій Михайлович. – К., 2004. – 35 с.
3. Чернюк В.В. Стенд для дослідження притоку в напірний трубопровід-збирач, прокладений у потоці рідини / В.В. Чернюк, В.В. Іванів // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. Наук.-техн. збірник. Випуск 25. – К.: Київ. нац. ун-т будівництва і архітектури, 2015. – С. 286-294.
4. Vasyl Ivaniv. Influence of Jet-to-main stream Turning Angle in Fluid Flow from Cylindrical Nozzle of Collector-pipeline on Flow Coefficient / Ivaniv Vasyl, Cherniuk Volodymyr // XVth International Scientific Conference “Current Issues of Civil and Environmental Engineering and Architecture, Rzeszów-Lviv-Košice. Book of Abstracts. 9-10 September 2015, Rzeszów, Poland – s. 114-115.
5. Смыслов В.В. Гидравлический расчет перфорированных цилиндрических трубопроводов с раздачей расхода / В.В. Смыслов, Н.О. Езерский // Гидравлика и гидротехника. – Вып. 30. – 1980. – С. 52-59.