

## ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 532.559.2:628.1/2

<https://doi.org/10.31713/vt420197>

**Іванів В. В., к.т.н., Бігун І. В., аспірантка** (Національний університет Львівська політехніка, м. Львів)

### ЗАСТОСУВАННЯ ТА МЕТОДИ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ НАПІРНИХ ТРУБОПРОВІДІВ-ЗБИРАЧІВ

**Названо основні галузі застосування напірних трубопроводів-збирачів. Наведено схеми влаштування трубопроводів-збирачів у низці технологічних пристроїв й описано принцип їх роботи. Зроблено критичний аналіз відомих методів розрахунку напірних трубопроводів-збирачів. Найдосконаліші методики проектування напірних трубопроводів-збирачів базується на диференціальному рівнянні напірного руху рідини зі змінною шляховою витратою.**

**Ключові слова:** напірні трубопроводи-збирачі; рух рідини зі змінною шляховою витратою.

**Вступ.** У багатьох галузях техніки при реалізації низки виробничих процесів застосовуються напірні трубопроводи-збирачі (ТЗ). Шляховий притік рідини в ТЗ є нерівномірним по його довжині. Він зростає в напрямку руху потоку [1]. Не дивлячись на широке застосування ТЗ, надійні та адекватні методи їх гідравлічного розрахунку відсутні. Проте відомо, що високої точності проектування ТЗ можна досягти опираючись на методи диференціального обчислення [2; 3].

**Мета статті:** показати актуальність проблеми гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів.

**Галузі застосування напірних трубопроводів-збирачів.** Напірні ТЗ мають безперечне практичне значення. Вони знайшли широке застосування в різних галузях техніки: водопостачанні: (водозабірні споруди з трубчастими оголовками, інфільтраційні водозабори, променеві водозабори, водопровідні очисні споруди (швидкі фільтри); осушні системи меліорації, водопониженні (будівельні майданчики та забудовані території; водовідведенні (водовідвідні мережі, каналізаційні очисні споруди (біофільтри для біологічного очищення, піщані фільтри; теплопостачанні (сонячні колектори); вентиляції (витяжні системи); енергетиці (паропроводи-збирачі, градирні); машинобудуванні (дослідні стенди тощо).

Трубчасті водоприймальні оголовки водозабірних споруд у сис-

темах циркуляційного водопостачання теплових й атомних електростанцій з водоймами-охолоджувачами являють собою звичайні трубопроводи-збирачі (рис. 1) [4].

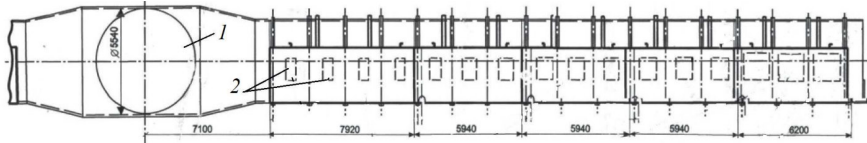


Рис. 1. Конструкція трубчастого оголовка однієї з ТЕС в Україні;  
1 – підвідний трубопровід до ТЕС; 2 – трубчастий оголовок (ТЗ) [4]

З метою зменшення нерівномірності шляхового притоку води в них, уздовж потоку площа водоприймальних вікон зменшуються, а відстань між вікнами збільшується.

Найчастіше застосовується ТЗ, прокладені в пористому середовищі. Вода, фільтруючись крізь останнє, проходить попереднє очищення. Для покращення припливу води до ТЗ навколо нього укладають зворотній фільтр. Розміри зерен шарів фільтра зростають у напрямку течії води, тобто з наближенням до стінок ТЗ. Такий інфільтраційний водозабір збудовано на узбережжі Тихого океану у м. Лонг-Біч, що близько Лос-Анджелеса у Каліфорнії (рис. 2).

Різновидністю інфільтраційного водозабору є променевий водозабір (рис. 3).

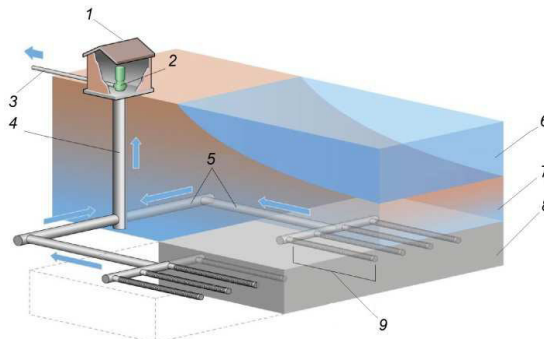


Рис. 2. Інфільтраційний водозабір: 1 – помпова станція; 2 – двигун помпи;  
3 – напірний трубопровід; 4 – шахта; 5 – підвідні трубопроводи; 6 – шар  
води; 7 – те саме, піску; 8 – те саме, гравію;  
9 – трубопровід-збирач [5]

Він є комбінацією шахтного колодязя і свердловин. Перфоровані горизонтальні труби-свердловини, покладені в товщі водоносного ґрунту, радіально сходяться до шахти (див. рис. 3).

Променеві водозабори доцільно застосовувати при неглибоких ріках, які в період повеней і паводків несуть багато намулу, піску й більших за розмірами частин твердих ґрунтів, які перекочуються по-

током води по річищу. Променеві водозабори застосовуються для водопостачання Варшави, Кракова, Перемишля (Польща), Пензи, Оренбурга, Уфи (Росія), Рустави (Грузія), Турину (Італія), Ейленбурга (Німеччина), Принс-Джорджа (Канада) та ін. [6].

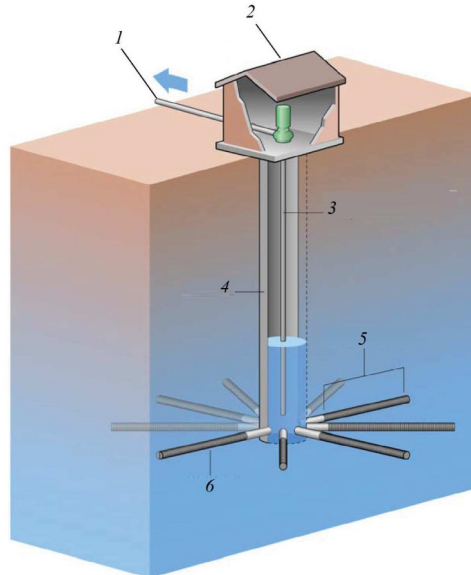


Рис. 3. Променевий водозабір: 1 – напірний трубопровід; 2 – помпова станція; 3 – водопіднімальна труба; 4 – шахта; 5 – перфорована частина променя (трубопровід-збирач); 6 – один з променів

В найсучасніших водоочисних станціях воду, після процесу коагуляції та седиментації забруднювальних частинок, для подальшого поглибленого очищення направляють на швидкі фільтри. Вода, пройшовши три шари засипки фільтра, збирається в нижньому шарі великозернистого гравію. У його товщі покладено системи трубопроводів-збирачів (рис. 4). Через надійність роботи ці фільтри найчастіше використовується у господарсько-питному водопостачанні рис. 4.

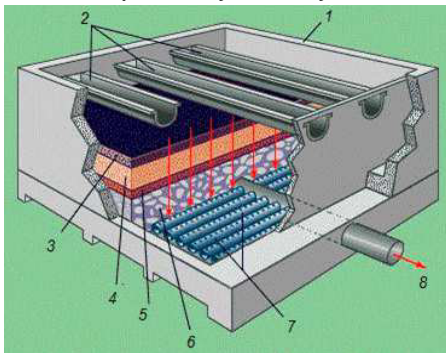


Рис. 4. Швидкий фільтр на водопровідних очисних спорудах:

1 – корпус; 2 – лотки для відведення промивної води; 3 – подрібнене вугілля; 4 – пісок, 5 – гранули твердих червонуватих мінеральних пісків з високою щільністю; 6 – великозернистий гравій; 7 – система ТЗ; 8 – відведення очищеної води [7]

При водопониженні на будівельних майданчиках або на забудованих територіях використовують



перфоровані пластмасові труби. Їх при укладці у ґрунт такі ТЗ обгортають мінеральною тканиною та влаштовують навколо дрени щебеневу засипку (рис. 5).



Рис. 5. Дренажний колектор (світлина взята з сайту <https://моссептик.рф/catalog/drenazh/drenazh-uchastka/>)

Дрени та дренажні колектори в осушувальних меліораціях також є трубопроводами-збирачами для пониження рівня ґрунтових вод на надмірно зволжених сільськогосподарських угіддях (рис. 6).



Рис. 6. Схема осушувальної системи з закритим дренажем: 1 – дрени; 2, 3 – закриті колектори (трубопроводами-збирачі); 4 – відкритий колектор (ріка); 5 – ділянки з високим рівнем ґрунтових вод (світлина взята з сайту [https://twitter.com/Apus\\_Systems/status/969611876626812928](https://twitter.com/Apus_Systems/status/969611876626812928))

У системах водовідведення, на каналізаційних очисних спорудах, механічним очищенням стічної води видаляють біля 30-35% забруднень. Решту забруднювальних частинок усувають на спорудах біологічного очищення, наприклад на біофільтрах (рис. 7). Ефективність очищення ними стоків вважається високою і сягає 85% і більше.

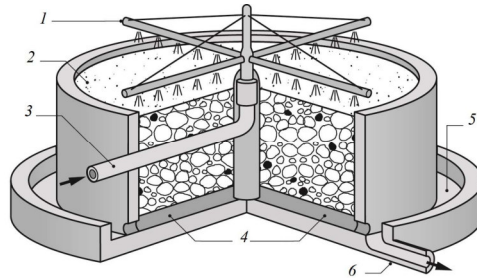


Рис. 7. Біофільтр: 1 – розподільний трубопровід; 2 – фільтрувальна засипка; 3 – подавальний трубопровід; 4 – трубопровід-збирач; 5 – збиральний канал; 6 – відвідний трубопровід (світлина взято з сайту <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/my-resources/graphics-browse-display.html?x=FILT>)

Стічні води від індивідуальних житлових будинків знезаражуються на піщаних фільтрах (септиках), (рис. 8).

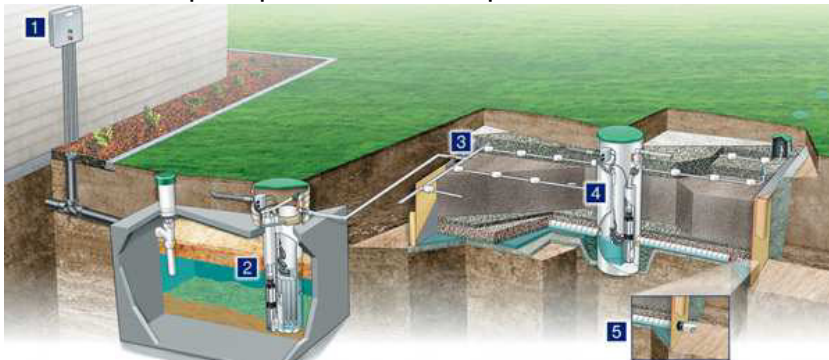


Рис. 8. Рециркулювальний піщаний фільтр: 1 – панель керування; 2 – комплект pomp Biotube®; 3 – розподільні трубопроводи; 4 – шахта; 5 – трубопровід-збирач (світлина взято з сайту [http://www.atlanticsolutionsltd.com/sand\\_int.html](http://www.atlanticsolutionsltd.com/sand_int.html))

Трубопроводи-збирачі в поєднанні з розподільними трубопроводами становлять основну частину сонячних колекторів (рис. 9), які останнім часом знаходять все ширше застосування для побутового та промислового нагрівання води.

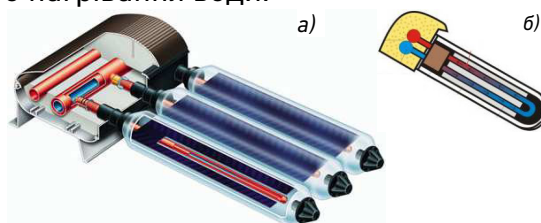


Рис. 9. Розподільний трубопровід і трубопровід-збирач у сонячному колекторі: а – загальний вигляд; б – поздовжній розріз нагрівального елемента (<https://www.ekosystem.lviv.ua/p-solarbattery>)



Трубопроводи-збирачі є незамінними елементами у витяжній вентиляції (рис. 10), яка широко застосовується у побуті, громадських будівлях і на виробництві.

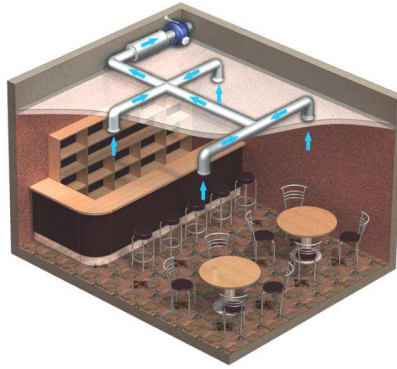


Рис. 10. Трубопровід-збирач у витяжній вентиляції (світлину взято з сайту <https://teplovens.com.ua/proektuvannya-ventylyatsiyi-vyrobnychyh-prymishhen/>)

На атомних електричних станціях напірні потоки водяної пари сходяться у паропроводах-збирачах (рис. 11) і направляються ними на турбіни, котрі приводять у рух електрогенератори.



Рис. 11. Паропровід-збирач на Балаківській АЕС – найпотужнішій атомній електричній станції Росії (світлину С. Степанова взято з сайту <http://rblogger.ru/2015/10/16/balakovskaya-aes/>)

У системах оборотного водопостачання хімічної та нафтохімічної промисловості використовують вентиляторні градирні (рис. 12). До їх склад включено трубопроводи-збирачі для відведення охолодженої та освітленої води, а також ТЗ для відведення осадів.

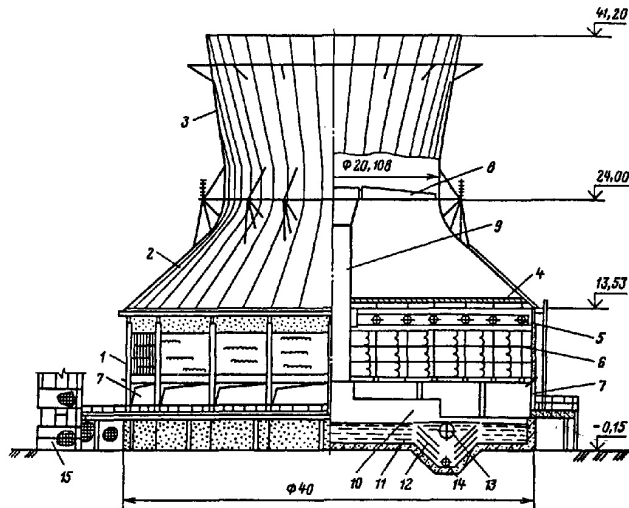


Рис. 12. Вентиляторна градирня: 1 – несучий каркас; 2 – конфузор; 3 – дифузор; 4 – водовловлювач; 5 – розподільні трубопроводи; 6 – зрошувач; 7 – вікна; 8 – вентилятор; 9 – трансмісійна шахта; 10 – машинне відділення; 11 – водозбірний басейн; 12 – відстійник; 13 – трубопровід-збирач для відведення охолодженої та освітленої рідини; 14 – те саме, для відведення осадів; 15 – помпова станція [8]  
(розміри подано в мм)

Відпрацьовані гази досліджуваних реактивних двигунів відводяться з випробувальних камер трубопроводами-збирачами, розміщеними на її поверхні. У стінках камери влаштовані входні вікна до ТЗ (рис. 13).



Рис. 13. Випробувальна камера для реактивних двигунів: на задньому плані розміщено стенд для двигуна, котрий досліджують (світлина взято з сайту <http://imagestun.com/vsya-krasota-zabroshennih-zdaniy/>)

**Методи гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів.** Точний гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів-збирачів можна зробити тільки за допомогою теорії гідравліки змін-



ної витрати [3]. Вихідним при їх розрахунку є диференціальне рівняння руху рідини змінної витрати (ДРРРЗВ) запропоноване Г. А. Петровим [2]:

$$\frac{\alpha_o(2V - v \cos \beta)dV}{g} + d\left(\frac{p}{\rho g}\right) + \sin \psi \cdot dx + dh_x = 0, \quad (1)$$

де  $\beta$  – кут між векторами швидкостей основного потоку  $\vec{V}$  в ТЗ і приєднуваного струменя  $\vec{v}$ , який входить у ТЗ;  $\sin \psi \cdot dx = dz$  – висота розташування живого перерізу потоку над площиною порівняння;  $\psi$  – кут нахилу осі ТЗ до обрію;  $dh_x = i_f dx$  – втрати напору на тертя по довжині ТЗ.

Ю. М. Константинов [9] і В. В. Смыслов [10] при розгляданні ДРРРЗВ (1) брали кут приєднання струменів до основного потоку  $\beta = 90^\circ$ , а вісь ТЗ горизонтальною,  $\psi = 0^\circ$ . П'ятим членом у рівнянні (1) нехтували. Тоді ДРРРЗВ (1) набувало такого вигляду:

$$-dh + \frac{2v dv}{g} + dh_l = 0. \quad (2)$$

Рівняння (2) застосовується для розрахунку трубопроводів-збирачів, в яких відстань між отворами менша ніж десять діаметрів ТЗ. О. А. Василенко і В. В. Смыслов [11] продовжуючи роботу над рівнянням (2), звели його до безрозмірної форми (3):

$$-\frac{d^2 \bar{Q}}{d\bar{x}^2} \cdot \frac{d\bar{Q}}{d\bar{x}} - A\bar{Q} \frac{d\bar{Q}}{d\bar{x}} + B\bar{Q}^2 = 0, \quad (3)$$

де  $A = \alpha_o(2 - m)$ ;  $m = v \cos \beta / V$  – коефіцієнт маси, що приєднується;  $\bar{Q} / Q_k = \bar{Q}$ ,  $\bar{x} / l = \bar{x}$ ,  $Q_k$  – витрата рідини у кінці ТЗ.

Закон приєднання витрати автори [11] прийняли за Datei Claudio [12]:  $Q = k \cdot sh \alpha x$ , де  $k$  й  $\alpha$  постійні значення, що характеризують ТЗ.

У ДРРРЗВ (1) А. М. Кравчук [13] рекомендує приймати  $m = (v \cos \beta) / V = 0$ . Він приймає коефіцієнт гідравлічного тертя  $\lambda$  постійним і пропонує нехтувати другим і третім членами у рівнянні (3). Залежності для визначення відносних витрати рідини та перепаду напорів А. М. Кравчук записує так:

$$\bar{Q} = \frac{l \cdot sh(k\bar{x})}{k \cdot ch(kf)}, \quad \bar{z} = \frac{ch(k\bar{x})}{sh(kf)}. \quad (4)$$



Коефіцієнт  $k$  А. М. Кравчук знаходить як дійсний додатний корінь з виразу  $k^3 - 2k - \zeta_{l_{T3}} / 2\overline{fth}(k\bar{x}) = 0$ , або за відповідним графіком [13].

В. А. Волощук і І. І. Науменко увели у ДРРРЗВ (1) еквівалентний гідравлічний коефіцієнт тертя, який отримали експериментально. Його значення залежать від відстаней між вхідними отворами. Розв'язок одержано лише для випадку кута приєднання  $\beta = 90^\circ$  [14].

$$dH + \frac{2\alpha_0 Q dQ}{g\Omega^2} + \frac{\lambda_e dx Q^2}{D 2g\omega^2} = 0, \quad (5)$$

де  $H$  – ордината п'єзометричного напору;  $\alpha_0$  – коректив кількості руху;  $Q$  – змінна по довжині ТЗ витрата;  $\Omega$  – площа поперечного перерізу ТЗ;  $D$  – діаметр ТЗ;  $x$  – координата довжини трубопроводу.

В. В. Чернюк унаслідок розв'язання рівняння (1) за умови, що  $0^\circ \leq \beta \leq 360^\circ$ ,  $\psi \neq 0^\circ$  та  $\lambda \neq const$ , отримав формулу для обчислення витрати рідини, котра приєднується до основного потоку в напірному ТЗ на ділянці з довжиною  $x_{i-k}$  (6) [1]:

$$b_{(i-k)} \int_{x_i}^{x_k} Z_{(x)}^{1/2} dx = b_{(i-k)} x_{(i-k)} \left\{ Z_{(x_i)}^{1/2} + \frac{b_{(i-k)} x_{(i-k)}}{4g\Omega_{(x_i)}} \left[ (2\alpha_o - \alpha) \cdot V_{(x_i)} - \alpha_o v_{(x_i)} \cos \beta_{(x_i)} \right] + \frac{1}{4Z_{(x_i)}^{1/2}} \left( \lambda_{(x_i)} \frac{x_{(i-k)} V_{(x_i)}^2}{D_{(x_i)} 2g} + 2x_{(i-k)} \sin \psi_{(x_i)} \right) \right\}. \quad (6)$$

Повний робочий напір  $Z_{(x_k)}$ , під дією якого струмінь проникає в середину ТЗ у перерізі  $x_k$ , визначається за виразом (7), отриманим внаслідок диференціювання рівняння (6) [1]:

$$Z_{(x_k)} = \left\{ Z_{(x_i)}^{1/2} + \frac{\kappa \cdot b_{(i-k)} x_{i-k}}{2g\Omega_{(x_i)}} \left[ (2\alpha_o - \alpha) \cdot V_{(x_i)} - \alpha_o v_{(x_i)} \cos \beta_{(x_i)} \right] + \frac{\kappa}{2Z_{(x_i)}^{1/2}} \left( \lambda_{(x_i)} \frac{x_{(i-k)} V_{(x_i)}^2}{D_{(x_i)} 2g} + 2x_{(i-k)} \sin \psi_{(x_i)} \right) \right\}^2, \quad (7)$$

де у рівняннях (6) і (7),  $x_{(i-k)}$  – довжина розрахункової ділянки  $i-k$ ;  $b_{i-k}$  – коефіцієнт, постійний на розрахунковій ділянці  $i-k$ ,  $b = n\mu\omega_{hole}\sqrt{2g} = const$ ;  $n_{(x_i)}$  – кількість насадок на один погонний



метр ТЗ;  $\mu_{(x_i)}$  – коефіцієнт витрати рідини крізь вхідну насадку;  $x_i$  – індекс при символах параметрів ТЗ, який вказує на їх належність до початку розрахункової ділянки  $i-k$ ;  $D_{(x_i)}$  – внутрішній діаметр ТЗ;  $d_{(x_i)}$  – те саме, вхідної насадки;  $\Omega_{(x_i)}$  – площа поперечного перерізу ТЗ на розрахунковій ділянці  $i-k$ ;  $\omega_{(x_i)}$  – те саме, вхідної насадки;  $V_{(x_i)}$  – середня швидкість основного потоку в ТЗ,  $V_{(x)} = Q_{(x)} / \Omega_{(x_i)}$ ;  $v_{(x_i)}$  – швидкість приєднуваного струменя, котрий входить крізь насадку в ТЗ  $v_{(x_i)} = \varphi_{(x_i)} \sqrt{2gZ_{(x_i)}}$ ;  $\beta_{(x_i)}$  – кут між поздовжньою віссю  $x$  ТЗ і віссю струменя, що приєднується;  $\psi_{(x_i)}$  – кут між горизонталлю 0-0 та поздовжньою віссю  $x$  ТЗ;  $a$  – коректив кінетичної енергії (коефіцієнт Коріоліуса),  $a \approx 1,10-1,15$ ;  $\alpha_0$  – коректив кількості руху (коефіцієнт Буссінеска),  $\alpha_0 = 1,03-1,05$ ;  $\kappa$  – емпіричний коефіцієнт,  $\kappa = 0,029(l_{hole}/D) + 1,2797$  при  $l_{hole}/D = 12,95 \div 43,2$ , де  $l_{hole}$  – відстань між насадками уздовж ТЗ;  $\lambda_{(x)}$  – гідравлічний коефіцієнт тертя, його обчислюють залежно від режиму течії та ділянок гідравлічного опору [1].

При  $Re_{(x_i)} \leq 2320$  (ламінальний режим течії)  $\lambda_{(x_i)} = 64/Re_{(x_i)}$ . Для  $Re_{(x_i)} (A_{(x_i)}/D_{(x_i)}) < 10$  (ділянка гідравлічно гладких труб),  $\lambda_{(x_i)} = 0,3164/Re_{(x_i)}^{0,25}$ . При  $10 \leq Re_{(x_i)} (A_{(x_i)}/D_{(x_i)}) \leq 500$  (ділянка доквадратичного опору гідравлічно шорстких труб),  $\lambda_{(x_i)} = 0,11 [A_{(x_i)}/D_{(x_i)} + 68/Re_{(x_i)}]^{0,25}$ . Для  $Re_{(x_i)} (A_{(x_i)}/D_{(x_i)}) > 500$  (ділянка квадратичного опору гідравлічно шорстких труб),  $\lambda_{(x_i)} = 0,11 (A_{(x_i)}/D_{(x_i)})^{0,25}$ . Значення критерію Рейнольдса,  $Re_{(x_i)} = Q_{(x_i)} D_{(x_i)} / \omega_{(x_i)} V_{(x_i)}$  [1].

Розрахунок ТЗ проводиться поетапно короткими ділянками. Для кожної розрахункової ділянки  $x_{(i-k)}$ , яка рівна відстані між сусідніми насадками, розраховується значення повного робочого напору  $Z_{(x_k)}$  за формулою (7) і витрату рідини основного потоку в ТЗ  $Q_{(x_i)}$  за формулою (6) [1].

Обчислення за рівняннями (6) і (7) збігаються з результатами експериментів для ТЗ з кутами приєднання струменів  $\beta = 90^\circ$  [1]. Од-

нак, формули (6) і (7) потребують уточнення для розширення границь їх застосування на трубопроводи-збирачі з кутами  $0^{\circ} \leq \beta \leq 360^{\circ}$ .

**Висновки.** Напірні трубопроводи-збирачі широко застосовуються у різних технологічних процесах. Це спонукало науковців і практиків до розробки методик розрахунку трубопроводів-збирачів. Найточніші з них ґрунтуються на розв'язанні диференціального рівняння руху рідини змінної витрати, однак і вони потребують подальшого удосконалення.

1. Яхно О. М., Чернюк В. В., Гнатів Р. М. Напірні потоки зі змінними характеристиками : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 408 с.
2. Петров Г. А. Гидравлика переменной массы (Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути). Харьков : Харьковский государственный университет. 1964. 224 с.
3. Навоян Х. А. Примеры гидравлических расчётов водопропускных сооружений. Киев : Будівельник, 1975. 148 с.
4. Чернюк В. В., Босак М. П., Гвоздецький О. Г. Гідравлічний розрахунок трубчастих водозабірних оголовків з бічними водоприймальними вікнами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва.* Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2012. № 737. С. 213–225.
5. Voutchkov N. Overview of Desalination Plant Intake Alternatives. DOI: 10.13140/RG.2.1.3128.8726, Apr 26, 2016. 17 s.
6. Разумов Г. А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. М. : Стройиздат, 1988. 241 с.
7. Jerry A. Nathanson. Water supply system. *Encyclopedia Britannica.* URL: <https://www.britannica.com/technology/water-supply-system/Coagulation-and-flocculation> (дата звернення: 20.02.2020).
8. Пономаренко В. С. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справочное пособие / под общ. ред В. С. Пономаренко. М. : Энергоатомиздат : 1998. 376 с. ISBN 5-283-00284-5.
9. Константинов Ю. М., Смыслов В. В. К расчету дырчатых труб с присоединением расхода вдоль пути. *Гидравлика и гидротехника* : науч.-техн. сб. К. : Техника, 1966. Вып. 4. С. 118–127.
10. Смыслов В. В. К расчету сборных трубопроводов. *Гидравлика и гидротехника* : науч.-техн. сб. Киев : Техника, 1980. Вып. 30. С. 60–65.
11. Василенко А. А. Смыслов В. В. Анализ уравнения движения жидкости в горизонтальном цилиндрическом трубопроводе с присоединением расхода вдоль пути. *Гидравлика и гидротехника* : науч.-техн. сб. К. : Техника, 1973. Вып. 17. С. 19–24.
12. Claudio D. Icondotti emungenti da un serbatoio. *Atti e men. Accad. patav. sci lettere ed arti.* 74, Parte 2. S. 1961–1962.
13. Кравчук А. М. Гідравліка змінної маси напірних трубопроводів технічних систем : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.23.16. К., 2004. 35 с.
14. Волощук В. А. Дослідження гідравлічних опорів і гідравлічні розрахунки трубопроводів з дискретно змінними витратами уздовж потоку : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.16. Рівне : Рівненськ. держ. техн. ун-т. 2001. 217 с.



## REFERENCES:

- 1.** Yakhno O. M., Cherniuk V. V., Hnativ R. M. Napirni potoky zi zminnymy kharakterystykamy : monohrafiia. Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2016. 408 s.
  - 2.** Petrov H. A. Hidravlika peremennoi massy (Dvizhenie zhidkosti s izmeneniem raskhoda vdol puti). Kharkov : Kharkovskii hosudarstvennyi universitet. 1964. 224 s.
  - 3.** Navoian Kh. A. Primery hidravlicheskikh raschetov vodopropusknykh sooruzhenii. Kiev : Budivelnyk, 1975. 148 s.
  - 4.** Cherniuk V. V., Bosak M. P., Hvozdetyskiy O. H. Hidravlichnyi rozrakhunok trubchastykh vodozabirnykh oholovkiv z bichnymy vodopryimalnymy viknamy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Teoriia i praktyka budivnytstva*. Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. 2012. № 737. S. 213–225.
  - 5.** Voutchkov N. Overview of Desalination Plant Intake Alternatives. DOI: 10.13140/RG.2.1.3128.8726, Apr 26, 2016. 17 s.
  - 6.** Razumov H. A. Proektirovanie i stroitelstvo horizontalnykh vodozaborov i drenazhei. M. : Stroiizdat, 1988. 241 s.
  - 7.** Jerry A. Nathanson. Water supply system. Encyclopedia Britannica. URL: <https://www.britannica.com/technology/water-supply-system/Coagulation-and-flocculation> (data zvernennia: 20.02.2020).
  - 8.** Ponomarenko V. S. Hradirni promyshlennykh i enerheticheskikh predpriatii : spravochnoe posobie / pod obshch. red V. S. Ponomarenko. M. : Enerhoatomizdat : 1998. 376 s. ISBN 5-283-00284-5.
  - 9.** Konstantinov Yu. M., Smyslov V. V. K raschetu dyrchatykh trub s prisoedineniem raskhoda vdol puty. *Hidravlika i hidrotekhnika* : nauch.-tekhn. sb. K. : Tekhnika, 1966. Vyp. 4. S. 118–127.
  - 10.** Smyslov V. V. K raschetu sbornykh truboprovodov. *Hidravlika i hidrotekhnika* : nauch.-tekhn. sb. Kiev : Tekhnika, 1980. Vyp. 30. S. 60–65.
  - 11.** Vasilenko A. A., Smyslov V. V. Analiz uravneniia dvizheniia zhidkosti v horizontalnom tsilindricheskom truboprovode s prisoedineniem raskhoda vdol puti. *Hidravlika i hidrotekhnika* : nauch.-tekhn. sb. K. : Tekhnika, 1973. Vyp. 17. S. 19–24.
  - 12.** Claudio D. Icondotti emyngenti da un serbatoio. *Atti e men. Accad. patav. sci lettere ed arti*. 74, Parte 2. S. 1961–1962.
  - 13.** Kravchuk A. M. Hidravlika zminnoi masy napirnykh truboprovodiv tekhnichnykh system : avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk : spets. 05.23.16. K., 2004. 35 s.
  - 14.** Voloshchuk V. A. Doslidzhennia hidravlichnykh oporiv i hidravlichni rozrakhunky truboprovodiv z dyskretno zminnymy vytratamy uzdovzh potoku : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.16. Rivne : Rivnensk. derzh. tekhn. un-t. 2001. 217 s.
-

**Ivaniv V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Bihun I. V.,  
Post-graduate Student (Lviv Polytechnic National University)**

## **APPLICATIONS AND METHODS OF CALCULATION OF PRESSURE PIPELINES-COLLECTORS**

**The main fields of application of pressure pipelines-collectors are named. For example, in water supply (water intake structures with tubular headers, infiltration intakes, beam intakes, water treatment plants (quick filters); drainage systems, drainage systems (construction sites and built-up areas); drainage (drainage networks, sewage treatment plants (biofilters for biological treatment, sand filters); heat supply (solar collectors); ventilation (exhaust systems); energy (steam pipelines-collectors, cooling towers) engineering (research stands), etc.**

**The diagrams of placing of pipelines-collectors on a number of technological devices are presented and the principle of their work is described.**

**Critical analysis of known methods of calculation of pressure pipelines-collectors is made. In spite of their widespread application, variable flow rate fluid flows are insufficiently studied. Advanced design technology for pressure pipelines-collectors is based on the differential equation of pressure flow of a fluid with a variable flow rate proposed by G. A. Petrov. A range of assumptions, for example, that of the inflow along the path to be constant along the pipelines-collector, hydraulic coefficient of friction is also to be constant along the pipelines-collector, and the angle of inflow jets is assumed to be right and etc. In fact, the aforesaid parameters are variable. In is known that incomplete taking into account the geometric parameters of pipelines-collector and that of kinematic characteristics of the fluid flow in it leads to considerable errors in calculation of pipelines-collector. Recently, new methods of calculation which take into consideration all the geometric parameters of pipelines-collector and all hydrodynamic characteristics of internal and external fluid streams, as well as those of the inflowing jets a been developed. However, the methodology for calculating of pressure pipeline collectors proposed by V. V. Chernyuk does not require the application of the above assumptions. In this work, the known theoretical**



**methods of calculation of pressure pipelines-collectors are analyzed.**  
**Keywords:** pressure pipelines-collectors; flow of fluid with variable fluid flow rate.

---

**Иванив В. В., к.т.н., Бигун И. В., аспирант** (Национальный университет Львовская политехника, г. Львов)

## **ПРИМЕНЕНИЕ И МЕТОДЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ-СОБИРАТЕЛЕЙ**

**Названы основные области применения напорных трубопроводов-собираателей. Приведены схемы устройства трубопроводов-собираателей в ряде технологических устройств и описан принцип их работы. Сделано критический анализ известных методов расчета напорных трубопроводов-собираателей. Передовые технологии проектирования напорных трубопроводов-собираателей базируются на дифференциальном уравнении напорного движения жидкости с переменным путевым расходом.**

**Ключевые слова:** напорные трубопроводы-собираатели; движение жидкости с переменной путевым расходом.

---