

1. **Козин В. З.** Исследование руд на обогатимость: учебное пособие.; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд.-во УГГУ, 2008. – 312 с.

2. **XiaolingHuang, Yangang Chu, Yi Hu, Tianyou Chai.** Production Process Management System for Production Indices Optimization of Mineral Processing / IFAC - Research Center of Automation, Northeastern University, Shenyang, P.R.China 110004, 2005.

3. **Martti Larinkari, Jani Kaartinen, Jorma Miettunen.** Modeling and Simulation of Particle Size Distribution in a Mining Process. – 2004.

4. **Младецкий И.К., Колесник М.В.** Соотношения между крупностью вкрапления ценного компонента и необходимой крупностью помола руды / Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірнича електромеханіка, 2007. – Вип. 15(131). – С. 104-108

5. **Моркун В. С.** Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТП обогатительного производства / В. С. Моркун, В. Н. Потапов, Н. В. Моркун, Н. С. Подгородецкий. – Кривой Рог: Изд. центр КТУ, 2007. – 283 с.

Рукопись поступила в редакцию 31.03.12

УДК 533.3

В.І. ДЕНЬГУБ, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Криворізький національний університет»

УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ СИФОННИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Пропонується метод розрахунку сифонних трубопроводів з необхідною продуктивністю і наперед заданою висотою всмоктування.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. При підготовці фахівців будівельного напрямку в курсах «Технічна механіка рідини і газу» та «Інженерна гідравліка» вивчається тема гідравлічного режиму сифонних трубопроводів [1,2]. Суть даного питання полягає в тому, що за заданою об'ємною витратою Q ($\text{м}^3/\text{с}$) проводиться оцінка вакуума h_v в найвищій точці трубопроводу (див. переріз 2-2 рис.1) та визначається висота всмоктування h .

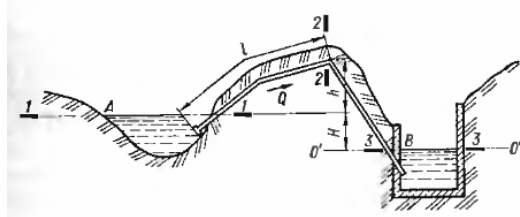


Рис. 1. Схема сифонного трубопроводу

Аналіз досліджень та публікацій. На основі застосування рівняння Бернуллі до ділянок сифонного трубопроводу між перерізами (1-1)-(2-2)-(3-3) отримана залежність для оцінки вакууметричної висоти h_v на основі висоти h всмоктування:

$$h_v \geq h + H \left(1 + \lambda l D^{-1} + \sum_1^2 \zeta \right) \left(\lambda L D^{-1} + \sum_1^3 \zeta \right)^{-1} \quad (1)$$

де $h_v \leq 7 \text{ м}$ - вакууметрична висота; H - різниця рівнів

води у водоймищі і резервуарі, m ; λ - гідравлічний коефіцієнт тертя; l - довжина всмоктувальної ділянки трубопроводу, m ; L - загальна довжина трубопроводу, m ; D - умовний діаметр трубопроводу, m ;

$$\sum_1^2 \zeta, \sum_1^3 \zeta - \text{сума коефіцієнтів місцевих опорів на всмоктувальній частині та на всьому трубопроводі, відповідно.}$$

Постановка завдання. Недосконалість викладеного вище методу розрахунку полягає в тому, що при заданих параметрах $Q, D, l, L, H, \sum_1^2 \zeta, \sum_1^3 \zeta$ визначається висота всмоктування h . В дійсності це значення повинно бути вихідним, яке змінити неможливо. За заданим параметром Q реально можливо змінювати значення діаметра D трубопроводу та висоту H .

Викладення матеріалу та результати. Визначимо необхідний діаметр D при заданій витраті Q , висоті всмоктування h , довжинах l та L на основі залежності

$$Q = 0,25 \pi D^2 \cdot \left[2gH \left(1 + \lambda l + \sum_1^2 \zeta \right)^{-1} \right]^{0,5}, \quad (2)$$

де λ -параметр пов'язаний з гідравлічним коефіцієнтом тертя λ та діаметром D

$$\lambda = \lambda D^{-1} \quad (3)$$

При турбулентному режимі руху води і еквівалентному коефіцієнту шорсткості $k_s = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ на основі формули Шифринсона для λ , після певних перетворень отримаємо залежність

$$\lambda = 1,645 \cdot 10^{-2} D^{-1,25}, \quad (4)$$

на основі якої визначається діаметр D трубопроводу

$$D = 0,037x^{-0,8}, \quad (5)$$

Після підстановки значення D за формулою (5) в залежність (2) отримано ірраціональне рівняння

$$x^{4,2} + \left(1 + \sum_1^3 \zeta\right) L^{-1} x^{3,2} - 3,1 \cdot 10^{-5} H (LQ^2)^{-1} = 0 \quad (6)$$

Його неможливо розв'язати в радикалах, а тому при використанні метода послідовних наближень, отримують значення x з наперед заданою точністю на основі розрахунків

$$x_{n+1} = \left[3,1 \cdot 10^{-5} H Q^2 \left(x_n L + 1 + \sum_1^3 \zeta \right)^{-1} \right]^{0,5125} \quad (7)$$

Після визначення кінцевого значення x_k за формулою (5) розраховують діаметр D_k . Отримане значення D_k , як правило, не співпадає зі стандартним значенням D_y трубопроводу, розмір якого виготовляється промисловістю. Для забезпечення необхідної продуктивності Q приймається найменше значення $D_y > D_k$.

Для включення в роботу сифонного трубопроводу необхідно спочатку наповнити його водою через наливний отвір в найвищій точці. Для запобігання витоків води при заповненні трубопроводу на всмоктувальній та виливній його ділянках необхідно встановити засувки. Визначимо мінімальне значення суми двох коефіцієнтів місцевого опору повністю відкритих засувок. Додатковий опір розраховується наступним чином. Спочатку за формулою (4) визначається параметр x_y за діаметром D_y . Сума $\sum \zeta_s$ обох коефіцієнтів місцевих опорів відкритих засувок розраховується на основі формули

$$\sum \zeta_s = \left(\frac{D_y}{D_k}\right)^4 \left(1 + x_k L + \sum_1^3 \zeta\right) - \left(1 + x_y L + \sum_1^3 \zeta\right) \quad (8)$$

Після визначення значення $\sum \zeta_s$ перевіряється умова (1) з врахуванням додаткових опорів

$$7 \geq h + H \left(1 + x_y L + \sum_1^2 \zeta + 0,5 \sum \zeta_s\right) \left(x_y L + \sum_1^3 \zeta + 0,5 \sum \zeta_s\right)^{-1} \quad (9)$$

На основі залежності (2) проводиться оцінка пропускної спроможності Q_{max} трубопроводу при найменших значеннях коефіцієнта місцевого опору ζ_{min} кожної відкритої засувки

$$Q_{max} = 0,785 D_y^3 \cdot \left[2gH \left(1 + x_y L + \sum_1^3 \zeta + 2\zeta_{min}\right)^{-1} \right]^{0,5} \quad (10)$$

В якості ілюстрації запропонованого авторами метода розглянемо приклад розрахунку сифонного трубопроводу при наступних вихідних даних:

$$h_B = 7 \text{ м}, h = 3,92 \text{ м}, l = 30 \text{ м}, L = 50 \text{ м}, \sum_1^2 \zeta = 5,3, \sum_1^3 \zeta = 6,8, H = 4 \text{ м}, \\ Q = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$$

На основі рекурентної формули (7) отримуємо конкретну розрахункову залежність

$$x_{n+1} = 0,179(50x_n + 7,8)^{-0,5125}, \quad (11)$$

що при початковому значенні $x_1 = 0,1$ отримуємо ряд послідовних значень: 0,0807; 0,0827; 0,0825. Кінцевим значенням прийнято $x_k = 0,0825$. Згідно з залежністю (5) отримано $D_k = 0,2722 \text{ м}$. приймаємо стандартний розмір діаметра трубопроводу $D_y = 0,3 \text{ м}$. Для нього відповідно з формулою (4) $x_y = 0,0741$. На основі формули (8) обчислено значення $\sum \zeta_s = 6,09$. Мінімальне значення коефіцієнта місцевого опору відкритої засувки дорівнює $\zeta_{min} \approx 0,15$. При відкритих засувках перевірка умови (9) дає нерівність $7 \geq 3,92 + 2,88 = 6,8 \text{ м}$, тобто в найвищій точці вакууметрична висота буде складати 6,80 м, що унеможливило утворення парової складової внаслідок розрідження.

Розрахунок об'ємної витрати Q_{\max} за формулою (10) дає значення $Q_{\max} = 0,1833 \text{ м}^3/\text{с}$, що дещо більше проектного значення $0,1833 > 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$.

Більш детальне значення взаємного зв'язку між висотами h_B , h та H показує наступне.

Для довгих сифонних трубопроводів порівняно малого діаметра і значною сумою коефіцієнтів $\sum \zeta$, висота h всмоктування може зростати до більших значень, ніж для коротких трубопроводів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Дослідження функцій, що характеризують об'ємну витрату Q води по сифонному трубопроводу за допомогою похідних дозволяє виявити такі закономірності.

1. Аналіз значень похідної від функції вигляду (10) по змінній H , тобто dQ/dH , показує, що вона завжди додатня. Отже зі збільшенням висоти H зростає і витрата Q .

2. Якщо замість висоти H в функцію (10) підставити висоту всмоктування h , певним чином пов'язану з висотами h_B та H , то похідна dQ/dh завжди від'ємна. У такому випадку зі зростанням висоти всмоктування об'ємна витрата води Q буде зменшуватись.

При наперед заданими вихідними даними $D_y, l, L, \sum_1^2 \zeta, \sum_1^3 \zeta$ оцінку надійного режиму роботи сифонного трубопроводу здійснюється наступним чином. Значення коефіцієнтів місцевих опорів $\sum_1^2 \zeta$ та $\sum_1^3 \zeta$ замінити еквівалентними довжинами $l_{\text{ек}}$, $L_{\text{ек}}$. На основі виконання умови нерівності

$$T > h + H \left(\frac{l + l_{\text{ек}}}{L + L_{\text{ек}}} \right)$$

Здійснюється вибір значення H при фіксованій висоті всмоктування h , або навпаки, при заданому значенні H уточненню підлягає висота всмоктування h .

Список літератури

1. Константінов Ю.М., Гіжа О.О. Технічна механіка рідини і газу. – К.: Вища школа, 2002. – 277 с.
2. Константінов Ю.М., Гіжа О.О. Інженерна гідравліка. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2006. – 432 с.

Рукопис подано до редакції 31.03.12
УДК 669.431.6.002.8

Ю.Т. КОТОВ, Ф.С. РАЗКЕВИЧ, кандидати техн. наук, доценти,
К.В. ГОНЧАРОВА, студентка, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЇХ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»

Проблема та її зв'язок науковими і практичними завданнями. *Причини утворення відходів.* Металургійні процеси проходять зі значною витратою різних матеріально-сировинних ресурсів, які складають до 7 т/т від видобутку руди до отримання готового прокату. Питома витрата тільки основних видів матеріальних ресурсів у чорній металургії становить, т/т продукту: у агловиробництві 1,27-1,32, виробництві чавуну 1,70-2,00, при виробництві сталі 1,08-1,15, прокату - 1,12-1,50. При такому рівні виробництва утворюються тисячі різних видів виробничих відходів. Так, питомих вихід шламів і пилу в агломераційному, доменному, сталеплавильному і прокатному цехах відповідно становлять 0,07-0,16; 0,06-0,22, 0,01-0,03 і 0,03-0,07 т/т продукту.

Як показує практика експлуатації хвостових і шламосховищ, вони є дуже важливими джерелами забруднення водних басейнів і, в ряді випадків, атмосфери, а утворення та накопичення