

УДК 628.1; 658.265

С.М. Срібнюк, Л.Л. Зубричева, О.А. Осадча

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава

ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РІДИНИ ЧЕРЕЗ ПЕРЕВАЛ

У статті проаналізовано використання сифонного режиму при перекачуванні доочищеної стічної води за трасою складного профілю. Розглянуто можливість зменшення енергозатрат на каналізаційній насосній станції при організації постійного сифонного режиму подачі рідини на скид. Запропоновано інженерний захід підтримки такого сифонного режиму.

Ключові слова: каналізаційна насосна станція, сифон, стічна вода, насос, трубопровід, енергозаощадження.

Постановка проблеми

При проектуванні та реконструкції систем водовідведення іноді стикаються з проблемою, коли доочищені стічні води скидаються у річку чи водойму колектором, траса якого проходить через перевал. Представляє інтерес зменшення енергії транспортування рідини за рахунок використання сифонного ефекту. Основною задачею є створення умов заповнення сифона при будь-яких режимах подачі рідини. Вирішення цієї задачі дозволить суттєво зменшити витрати електроенергії на насосній станції і таким чином знизити собівартість транспортування стічної води.

Аналіз відомих досліджень і публікацій

Процесу сифонного перекачування води в класичному гідравлічному плані присвячено достатньо наукових праць. Потрібно зазначити, що до сифонного трубопроводу належить трубопровід, який працює в умовах вакууму. В довіднику [1] наведено короткий розрахунок витрат, швидкості потоку такого трубопроводу і як результат визначається вакуум у сифоні. Більш детальний аналіз роботи сифона з наведенням впливу втрат напору за довжиною та на місцевих опорах представлено в підручнику [2]. Розроблено ряд технічних інженерних пропозицій, які захищені патентами [3, 4]. Щодо забезпечення пуску і зупинки гідроагрегатів відомі технічні рішення [5, 6], в яких детально розглянута робота гідроелектростанції з сифонними водоприймачами та робота сифонної установки для зрошувальних систем. Але вказані технічні рішення зовсім не торкаються можливостей роботи гідроагрегатів з гідравлічної точки зору, тобто можливостей використання сифонного режиму для зменшення енергозатрат. Ці питання розглядаються в роботах [7, 8], проте поверхнево без наведення можливостей такого режиму. В підручнику [8] навіть помилково вказується, що при подачі рідини через перевал може бути досягнуто зменшення напору насоса більше 7 м. За рекомендаціями Константінова Ю.М.

[2] в роботі [9] більш аргументовано розглянуто перекачування рідини декількома насосами через перевал.

Мета статті полягає в проведенні аналізу можливостей зменшення енергозатрат на каналізаційній насосній станції при подачі будь-яких об'ємів стічних вод на скид через перевал.

Виклад основного матеріалу досліджень

У практиці трапляються випадки, особливо в системах водовідведення, коли доочищені стічні води подаються на скид у річку чи водойму водоводом, траса якого проходить через перевал (рис. 1).

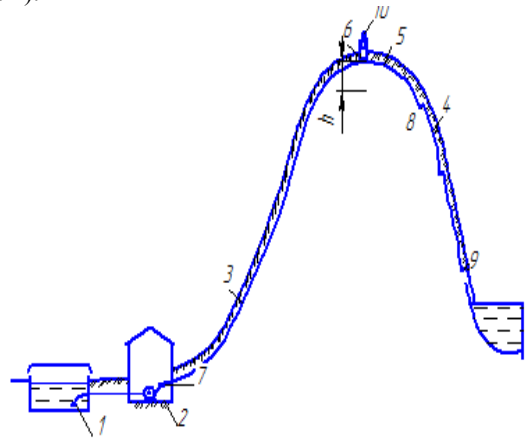


Рисунок 1 – Система подачі рідини на скид через перевал: 1 – резервуар скидної рідини; 2 – каналізаційна насосна станція; 3 – ліва гілка напірного трубопроводу; 4 – права гілка; 5 – сифон; 6 – перевал; 7 – зворотний клапан; 8 – гідрозатвор; 9 – скидний лоток; 10 – зарядний пристрій

Відносно найвищої точки перевалу вказана траса умовно розділяється на ліву і праву гілки. Ліва гілка при будь-якій кількості перекачуваної рідини знаходиться у наповненому режимі. Права гілка при звичайних умовах працює залежно від обсягу перекачуваної рідини. При значних кількостях подаваної рідини – в напірному режимі,

а при невеликих об'ємах рідини – в самопливному режимі. При цьому гідравлічні втрати напорів значно змінюються залежно від розповсюдження напірного режиму на ту чи іншу довжину водоводу правої гілки, яка додається до повної довжини лівої ділянки. Але загальні втрати напорів значно змінюються не за рахунок зміни гідравлічного опору водоводу, а переважно за рахунок зміни геодезичної висоти підйому. Так при напірному режимі потоку, коли подаються значні обсяги рідини, весь трубопровід заповнений рідиною і геодезична висота підйому рідини за рахунок сифонного ефекту буде мінімальною. Ця висота визначається відстанню між виходом рідини з водоводу та позначкою мінімального рівня води в резервуарі з якого вона забирається. А при малій кількості подавання рідини скидної вся права гілка перебуває в самопливному режимі й геодезична висота підйому рідини, яка визначається піком перевалу, значно збільшується. Особливість полягає в тому, що залежно від кількості подаваної рідини на скид, водовід працює або в сифонному режимі при великих подачах або в самопливному режимі при малих витратах рідини, не вигідному з економічної точки зору.

Завданням цього аналізу є пошук можливого технічного рішення, за допомогою якого забезпечується робота системи транспортування рідини в економічно вигідному напірному режимі при будь-яких обсягах подачі рідини водоводом.

Для використання сифонного режиму потрібно розв'язати два важливих питання:

- по-перше, з якої позначки починається сифон ?
- по-друге, які інженерні заходи потрібно вжити для того, щоб права гілка була заповнена перекачувальною рідиною при будь-яких її витратах ?

За рекомендаціями [2] визначення початку сифона проводиться шляхом розрахунку вакууму у його найвищій точці, тобто в місці перегину водоводу. Для цього пропонується така формула:

$$h_{\text{вак.дон}} = h + H \frac{1 + \lambda l / d + \sum_1^u \zeta}{\lambda L / d + \sum \zeta}, \quad (1)$$

де $h_{\text{вак.дон}}$ – допустимий вакуум у найбільш високому перегині колектору; h – перевищення піка перевалу (найвищої точки сифону) над максимальною висотою підйому рідини насосом (насосами); H – висота між горизонталлю, проведеною через точку максимальної висоти підняття рідини насосами до місця з'єднання водоводу з лотком скиду рідини; d – діаметр водоводу; λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; l – довжина лівої гілки сифона; L – сумарна довжина сифона; $\sum_1^u \zeta$ – сумарне значення коефіцієнтів місцевих опорів лівої гілки сифона; $\sum \zeta$ – сумарне значення коефіцієнтів місцевих опорів всього сифона (ця сума включає і значення опорів лівої гілки сифона).

Із формули (1) розраховуємо значення h – початок сифона, тобто позначку, за якою потрібно визначити геометричну висоту підйому рідини і взагалі визначити напір насосу (ів).

$$h = h_{\text{вак.дон}} - H \frac{1 + \lambda l / d + \sum_1^u \zeta}{\lambda L / d + \sum \zeta} \quad (2)$$

Зазначаємо, що чим більший допустимий вакуум, тим менші витрати електроенергії на перекачування рідини. Значення цього вакууму залежить від температури води і позначки місцевості, де прокладається траса. Згідно джерела [2] для середніх широт допустимий вакуум у найбільш високому перегині колектору складає 7 м.

При перевищенні цього значення струмина в сифоні може розірватися, і сифон перестане працювати. Для усунення такого недоліку змінюють геометричні параметри сифона (тобто змінюють h або H) так, щоб зазначена вище умова задовольнялася.

Найбільше значення висоти h можна отримати, коли друга складова рівняння (2) наближається до нуля. Аналіз параметрів, котрі входять у цю складову, показує, що таке наближення можливе при зменшенні діаметра правої гілки водоводу та особливо при збільшенні суми коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \zeta$ за довжиною всього сифона.

При звуженні діаметра правої гілки потрібно розрахункову швидкість потоку в ній за джерелом [10] приймати в межах 0.6-0.75 м/с.

Стосовно місцевих опорів правої гілки водоводу, доцільно звернути увагу на пристрій, який передбачається поставити в кінці водоводу для влаштування зони гідравлічної ізоляції правої гілки сифона від атмосферного тиску.

Автори [7] вважають, що виконати таку задачу можна без витрат електроенергії шляхом установаження в кінці водоводу сифонного гідрозатвора. При великій довжині правої гілки такі гідро затвори передбачаються через кожні 8 метрів висоти правої гілки.

Таким чином, насоси для перекачування рідини на скид через перевал потрібно вибрати на подачу відповідно до ступеневого графіка відкачування стічних вод й на розрахунковий напір з висотою підняття до піка перевалу, зменшеною на 7 метрів.

При малих подачах рідини для забезпечення такої заповненої роботи необхідно влаштовувати спеціальні комбіновані інженерні заходи, наприклад гідрозатвор та зарядний пристрій, встановлений в найвищій точці перегину водоводу.

Висновки

Враховуючи наведений вище аналіз, можна зробити такі висновки:

1. Роботу водоводу при транспортуванні рідини через перевал можна забезпечити в сифонному режимі при наявності зарядного пристрою сифона.
2. Сифонний режим дозволяє зменшити напір насосів не більше чим 7 м.

3. При малих кількостях перекачувальної рідини потрібно передбачити в кінці сифонної гілки гідро затвор, який в комбінації з зарядним пристроєм, розташованим в найвищій точці сифона, дозволяє запустити в роботу сифонну систему подачі рідини на скид.

Література

1. Справочник по гидравлике / под ред. В.А. Большакова. – 2-е изд. перераб. и доп. – К.: Вища школа. Главное издательство, 1984. – 343с.
2. Константинов Ю.М., Технічна механіка рідини і газу: підручник / Ю.М. Константинов, О.О. Гіжа. – К.: Вища школа, 2002. – 277с.
3. Деклараційний патент України № 55000013 МПК7E02B 13/02. Сифонний водовипуск / опубл. 17.03.2003, Бюл. №3
4. Патент на винахід України №66226 МПК 7E02B 7/18. Гідравлічний клапан зриву вакууму Гуріна / опубл. 26.05.2005, Бюл. №5.
5. А.С. СССР №228613, МПК F03в, Устройство для пуска гидроагрегата гидроэлектростанции с сифонными водоприемниками / опубл. 8.10.1968, Бюл.№31.
6. А.С. СССР №225700, МПК F04f, Самоходная сифонная установка для оросительных систем / опубл. 29.08.1968, Бюл. №27.
7. Патент України на корисну модель № 43737, МПК E02B83/00 Система скиду рідини через перевал / С.М.

Срібнюк, Л.Л. Зубричева та інші/, опубл. 16.05.2009 р. Бюл.№16.

8. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. – М.: СИ, 1990 – 320с.

9. Срібнюк С.М. Насоси і насосні установки. навч. посіб. – К.: ЦУЛ, 2012 – 312с.

10. Курганов А.М. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации – Л.: СИ, 1987 – 424с.

Автор: СРІБНЮК Степан Михайлович
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава, кандидат технічних наук, професор.
E-mail – oksana-osadcha0@rambler.ru

Автор: ЗУБРИЧЕВА Людмила Леонідівна
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, старший викладач,
E-mail zybricheva@ukr.net

Автор: ОСАДЧА Оксана Анатоліївна
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава, магістрант
E-mail – oksana-osadcha0@rambler.ru

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ПЕРЕВАЛ

С.М. Срибнюк, Л.Л. Зубричева, О.А. Осадча

В статье проанализировано использование сифонного режима при перекачивании сточных вод после очистки по трассе сложного профиля. Рассмотрена возможность уменьшения энергосбережения на канализационной насосной станции при организации постоянного сифонного режима подачи сточных вод на сброс. Предложено инженерное мероприятие поддержки сифонного режима.

Ключевые слова: канализационная насосная станция, сифон, сточная вода, насос, трубопровод, энергосбережение.

ENERGY SAVING IN THE TRANSPORT OF FLUIDS THROUGH THE PASS

S.M. Sribnyuk, LL Zubricheva, OA Osadcha

The article analyzes the use of siphon mode when pumping waste water after cleaning the track complex profile. There is possibility of reducing the energy saving for sewage pumping station. To do this, you must arrange a permanent job siphon. Engineering Measures proposed to support the siphon mode.

Keywords: sewage pumping station, siphon, wastewater, pipes, energy saving.