

УДК 628.11

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КІЛЬЦЕВИХ МЕРЕЖ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВЕЛИЧИН РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ВОДИ

Автор – Міхеєнко В. Ю., студ.

Науковий керівник – Шарков В. В., канд. техн. наук, доц.

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

**Постановка проблеми.** Задача розширення водопровідних мереж з'являється при збільшенні величини водоспоживання окремими споживачами чи приєднанні додаткових. При цьому виникає проблема додаткового живлення мереж шляхом розширення та реконструкції існуючих водозабірних споруд чи пошуку нових джерел водопостачання та будови нових водозаборів.

Рішення полягає в перегляді великої кількості варіантів розвитку системи водопостачання, які враховують потужність джерела водопостачання та якість його води, вартість водозабірних споруд та методів підготовки води, гідравлічні зміни в мережах водопостачання, збільшення потужності насосного обладнання та витрати пов'язаних з подальшою експлуатацією оновленої системи водопостачання. Гідравлічні зміни пов'язані з додатковими витратами води на ділянках, що змінює потекорозподілення та втрати напору.

Наявність нових водозабірних споруд потребує визначення місць їх розташування, режимів роботи та ув'язки з роботою інших змінених чи ні елементів системи.

Найбільш економічним варіантом реконструкції систем водопостачання є варіант з найменшими конструктивними змінами, насамперед, змінами водопровідних мереж. Такі зміни (прокладання додаткових ліній чи збільшення діаметрів існуючих) потребують значних капіталовкладень та навантажень на суспільне життя населених пунктів.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є пошук варіанту збільшення живлення мережі водопостачання при найменших її конструктивних змінах. Для цього потрібно провести аналіз мережі в цілому та окремих її ділянок на можливість пропуску максимальних витрат води, визначити місця приєднання додаткового джерела живлення, його вплив на гідравлічні характеристики мережі та збільшення потужності насосного обладнання, що диктує необхідність використання, в якості критерію оптимальності варіанту розвитку системи, втрати напору чи напір обслуговуючих мережу насосів.

**Результати дослідження.** В якості водопровідної мережі досліджується система трубопроводів кільцевого типу з 5-и ділянок трубопроводів, які розглядаються як магістральні.

Для спрощення аналізу геометричні та потрібні напори не враховуються, так як вони в більшості випадків є однаковими для всіх варіантів. Крім того, для спрощення, прийнято, що умови розташування і вартість забору та підготовки води в будь-якому варіанті також однакові.

Задача дослідження поділяється на кілька підзадач. Визначаються характеристики кільцевої мережі при збільшенні величини надходження води в основний вузол її живлення, та будь-який інший, при використанні яких характеристики мережі будуть оптимальними. При цьому аналізується реакція мережі на додаткові витрати – зміна потекорозподілення, втрати напору та проміжні характеристики, які з'являються при проведенні гідравлічних розрахунків, а саме – величини нев'язок.

Аналіз водопровідної мережі проводиться при збільшенні величини водоспоживання на 25, 50 та 100 відсотків відносно розрахункового випадку, на який розраховувалися технічні характеристики ділянок трубопроводів.

Дослідження довели, що максимально можливе збільшення витрат води на ділянках мережі обмежується величиною 25 %. В інших випадках пропуск води супроводжується збільшенням швидкостей руху води, а відповідно і економічно необґрунтованими втратами напору. Зі збільшенням діаметрів труб водопровідної мережі обмеження може збільшитися до 50 %.

Ув'язка мережі проводилася за рахунок перерозподілу витрат води по ділянках мережі (кільця). Коригуванню витрат підлягають всі ділянки мережі, тому загальна витрата води мережею не змінюється. При цьому визначено, що величина коригуючої витрати води по варіантах залежить від загального збільшення водоспоживання мережею та корелюється з ним в межах майже 100 %.

Характерною особливістю ув'язки мережі була зміна поточкорозподілення всіх варіантів з переміщенням точки сходу потоків.

Таблиця 1

**Напір насосів НС та величина умовної енергії на підйом води в мережі в залежності від збільшення водоспоживання**

| Витрата води мережею, л/с | Збільшення величини водоспоживання, % | Напір насосів, м (втрата напору по ділянках мережі) | Умовна енергія, м*(л/с) |
|---------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|
| 77,79                     | 0                                     | 2,226   | 173,16                  |
| 97,23                     | 25                                    | 3,478   | 338,16                  |
| 116,68                    | 50                                    | 5,007   | 584,21                  |
| 155,58                    | 100                                   | 8,907   | 1 385,75                |

Аналіз варіантів розвитку системи водопостачання за рахунок використання додаткових вузлів мережі в якості точок додаткового живлення потребував введення до розрахункової схеми умовного вузлу 0, який символізує всі (в тому числі і додаткові) джерела живлення. Наявність умовного вузлу дозволяє врахувати характеристики всіх джерел живлення в різних точках (величини витрат води, поточкорозподілення, втрати напору та напори насосів насосних станцій).

Таблиця 2

**Напір насосів НС та величина умовної енергії на підйом води в мережі в залежності від збільшення водоспоживання та точки додаткового живлення 3**

| Збільшення величини водоспоживання, % | Витрата води основною НС, л/с | Напір насосів основної НС, м | Витрата води додатковою НС, л/с | Напір насосів додаткової НС, м | Сумарна умовна енергія, м*(л/с) |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 25                                    | 77,78                         | 0,69                         | 19,45                           | 0,35                           | 60,46                           |
| 50                                    | 77,78                         | 0,81                         | 38,9                            | 1,36                           | 115,9                           |
| 100                                   | 77,78                         | 1,52                         | 77,78                           | 2,012                          | 274,71                          |

Аналогічні розрахунки проведені для всіх можливих вузлів додаткового живлення мережі – 2,4 та 5.

Таблиця 3

**Сумарні умовна енергія л/сек/м на підйом води в мережі при використанні додаткових точок живлення**

| Збільшення величини водоспоживання, % | Розширення існуючого джерела в т. 1 | Додаткова точка живлення мережі - т. 2 | Додаткова точка живлення мережі - т. 3 | Додаткова точка живлення мережі - т. 4 | Додаткова точка живлення мережі - т. 5 |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| 25                                    | 338,16                              | 252,20                                 | <b>60,46</b>                           | 309,52                                 | 337,38                                 |
| 50                                    | 584,21                              | 572,46                                 | <b>115,9</b>                           | 510,2                                  | 583,4                                  |
| 100                                   | 1 385,75                            | 1 358,42                               | <b>274,71</b>                          | 1 197,8                                | 1 384,48                               |

Варіантом з найменшими витратами енергії на підйом води є схема водопровідної мережі з точкою додаткового живлення 3.

Проведений аналіз впливу витратних характеристик ділянок мережі по варіантах засвідчив, що витрати води на ділянках трубопроводів близьких до верхніх критичних витрат провають великі втрати напору, які мають квадратичну залежність від швидкості руху води. Тому, кращі результати за сумарними втратами напору по ділянках мережі буде мати той варіант, де найменший вплив мають втрати напору на ділянках з малими діаметрами, при всіх інших однакових умовах.

**Висновки.** Проведено аналіз кільцевих мереж, визначено їх характеристики та особливості при збільшенні розрахункових витрат води; проаналізовано характеристики вузлів мережі, як потенційних джерел живлення мережі; визначені характеристики водопровідної мережі при збільшенні величини її живлення. Показано, що подавання додаткових витрат води в межах 25 % початкової величини, в вузол основного живлення, дозволяє утримувати втрати напору в технічно обґрунтованих межах; збільшення величин діаметрів трубопроводів мережі дозволяє збільшити додаткове живлення до 50 %. Показано, що пошук вузлу кільцевої мережі, як точки додаткового живлення обумовлено тими ж критеріями, що і розгалуженої.

### Список використаних джерел

1. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Москва :Стройиздат, 1982. 440 с.
2. Некрасова О. А., Сумароков С. В., Хасилев В. Я. Выбор наивыгоднейшей трассировки трубопроводных сетей. *Алгоритмы и программы*. СЭИ СО – ВИНТИ АН СССР, 1969. № 1488-70. 73 с.
3. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учеб. пособ. Т. 3. Москва : Изд-во АСВ, 2004. 256 с.
4. ДБН В.2.5-74:2013. Зовнішні мережі та споруди.
5. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Москва : Стройиздат, 1982. 440 с.
6. Абрамов Н. Н. Надежность систем водоснабжения. Москва : Стройиздат, 1984. 216 с.
7. Жефруа Д., Шарков В. Визначення оптимальної схеми реконструкції водопровідних мереж. Вода. Екологія. Суспільство : тези допов. та інформ. матер. V міжнар. наук.-техн. конф. Харків, 1–2 жовтня 2020 р., Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2020. С. 152–154.