

УДК 628.112.3

Т.О. КІЗЮШКІН

Я.А. ТУГАЙ, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ РОЗРАХУНКУ ПРОМЕНЕВИХ ВОДОЗАБОРІВ ЗА ЕМПІРИЧНИМИ ЗАЛЕЖНОСТЯМИ

На прикладі розрахунків шести променевого водозабору берегового типу показано складність умов застосування емпіричних залежностей.

Ключові слова: променевий водозабір, методи розрахунків, порівняльний аналіз, висновки.

На примере расчетов шести лучевого водозабора берегового типа показано сложность условий применения эмпирических зависимостей.

Ключевые слова: лучевой водозабор, методы расчетов, сравнительный анализ, выводы.

The example calculations six radial intake shore type show complexity terms of use empirical relationships.

Keywords: Radiation intake, calculation methods, comparative analysis, conclusions.

Ідея збільшення продуктивності шахтних колодязів шляхом додаткового встановлення горизонтальних дренажних галерей, чи прокладки в водоносному пласті горизонтальних фільтрових труб зародилась дуже давно, так як якість поверхневих вод була не високою.

Згодом, променеві водозабори широко почали використовувати в таких країнах: США, Німеччина, Швейцарія, Угорщина, Франція. Але постає питання, чому ж променеві водозабори широко не застосовуються у всіх країнах де не вистачає питної води. Відповідь на це питання лежить у вартості спорудження такого водозабору та у його технологічності, так як для спорудження променевого водозабору необхідно мати спеціальне обладнання та повний геологічний аналіз місцевості під будівництво, що в свою чергу вимагає значних капіталовкладень. Але, найголовнішою проблемою проектування променевих водозаборів є *велика кількість методів та емпіричних формул* для їх розрахунку, а отже і складність вибору підходящого методу.

Променеві водозабори складаються з системи горизонтальних трубопроводів (променів), які розташовані в товщі ґрунту та зі збірного-напівзаглибленого колодязя з вбудованою НС I.

Променеві водозабори мають різну продуктивність, яка залежить від типу водозабору, кількості променів, їх розташування тощо.

Розрізняють наступні типи променевих водозаборів: а) руслові; б) підруслові; в) берегові; г) берего- руслові; д) міжрічкові; е) водороздільні.

За конструктивними особливостями променеві водозабори поділяють на:

- основний тип, \varnothing шахти 3...6 м з горизонтальними фільтрами-променями великої довжини (20 і більше м) \varnothing 100мм;
- особливий тип \varnothing шахти 1,5...2 м з короткими фільтрами- променями розташованими в декілька ярусів, під висхідними, або низхідними кутами.

Променеві водозабори широко застосовують на водоймах і поверхневих джерелах з великою кількістю зважених частинок, донних наносів, а також патогенних мікроорганізмів, адже ці забруднення є перешкодою для поверхневих водозаборів, так, як дуже швидко забивають сітки водоприймальних оголовків та замулюють трубопроводи. А конструкція променевого водозабору передбачає попереднє фільтрування, крізь природний фільтруючий шар, є дані, що фільтрування крізь 7-ми метровий природний шар дає 10-ти кратне зменшення хвороботворних організмів.

Розрахунки

Розрахунки променевих водозаборів завжди складні і це насамперед пов'язано зі складними природними умовами їх влаштування, розташування фільтрів- променів, висоти їх закладання, їх кількості тощо.

Відповідно, існує велика кількість методів розрахунку променевих водозаборів, які в своїй більшості ґрунтуються на емпіричних залежностях, отриманих в результаті експлуатації існуючих водозаборів.

Щоб довести це розглянемо декілька методів розрахунку променевих водозаборів на практичних задачах. Зведемо основні вихідні дані в табл. 1.

Вихідні дані для розрахунку променевих водозаборів

| Основні вихідні дані | Значення показників |
|--|---------------------|
| 1. Довжина променя L , м | 8 |
| 2. Кількість променів n , шт | 6 |
| 3. Коефіцієнт фільтрації k , м/добу (крупнозернистий пісок) | 8,64 |
| 4. Потужність водоносного пласту m , м | 12 |
| 5. Пониження рівня води в шахті променевого водозабору S , м | 5 |
| 6. Радіус живлення пласту R , м | 30 |

Використовуючи наведені вище вихідні дані по водозабору робимо відповідні розрахунки. Розрахунок за методом Д. Чітріні [1], [2].

Знаходимо радіус еквівалентного по продуктивності великого колодязя досконалого типу, що заміняє систему щілин-дрен.

$$r_g = l \cdot \sqrt[n]{0,25} = 8 \cdot \sqrt[6]{0,25} = 6,3 \text{ м}, \quad (1)$$

де l – довжина променя, м; n – кількість променів, шт.

Тоді можемо знайти дебіт водозабору:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m \cdot S}{\ln R / r_g} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,64 \cdot 12 \cdot 5}{\ln 30 / 6,3} = 2086 \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; m – потужність водоносного пласту, м; S – пониження рівня води в шахті променевого водозабору, м; R – радіус живлення свердловини, м;

Другий метод, який дозволяє визначити продуктивність променевого водозабору, це метод Ф. Фальке (Німеччина) [7,9].

Робота Фальке присвячена питанню визначення продуктивності горизонтальних променів по їх пропускній здатності, яка розглянута у взаємодії з фільтраційним притоком до променевого водозабору в умовах безнапірного горизонту ґрунтових вод. На основі експерименту автор отримав формулу:

$$Q = \beta \cdot \sqrt[3]{k} \cdot S \cdot tga = 0,4 \cdot \sqrt[3]{8,64} \cdot 5 \cdot 0,9 = 3,69 \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (3)$$

де tga визначається за номограмою, в залежності від довжини, діаметра, кількості, глибини закладання променів і потужності водоносного пласту; β – коефіцієнт, який враховує перерахунок радіуса живлення і водопроникності ґрунту з моделі на натуру.

Розглянемо також метод П. Офферхауза [2,8].

Цей вчений на основі статичної обробки даних експлуатаційних відкачок діючих німецьких променевих водозаборів, розташованих в долині річки Рейн, отримав наступну наближену формулу розрахунку променевого водозабору: при $h_0 = 6$ м – глибина закладання променів відносно рівня землі.

За табл. 2 визначаємо параметр А, відповідно: $h_0/H = 6/12 = 0,5$.

$$Q = A(n \cdot H)^{\frac{1}{2}} \cdot (k \cdot L)^{\frac{1}{3}} \cdot S^{0,8} =$$

$$= 23 \cdot (6 \cdot 12)^{\frac{1}{2}} \cdot (8,64 \cdot 8)^{\frac{1}{3}} \cdot 5^{0,8} = 2857 \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (4)$$

де H – потужність водоносного пласту, м.

Таблиця 2

Параметр А для розрахунку дебіту променевого водозабору

| h_0/H | А |
|---------|-----|
| 0,1 | 106 |
| 0,2 | 176 |
| 0,3 | 50 |
| 0,4 | 27 |
| 0,5 | 23 |
| 0,6 | 52 |

Наступна методика розрахунку променевого водозабору належить К. Абвезеру [2,9].

Формула (5) була отримана вченим емпіричним шляхом і враховує ряд виробничих і експлуатаційних факторів. Зробимо розрахунки за даним методом, два рази з різним коефіцієнтом E .

$$Q = \frac{4 \cdot \pi \cdot k \cdot S}{\ln R/r} \cdot r \cdot L \cdot \alpha \cdot E \cdot n \quad (5)$$

$$\text{При } E = 1,05 \quad Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8,64 \cdot 5}{\ln 30/6,3} \cdot 6,3 \cdot 8 \cdot 1,25 \cdot 1,05 \cdot 6 = 21905 \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (5.1)$$

$$\text{При } E = 2,6 \quad Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8,64 \cdot 5}{\ln 30/6,3} \cdot 6,3 \cdot 8 \cdot 1,25 \cdot 2,06 \cdot 6 = 54241 \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (5.2)$$

де E – коефіцієнт виносу дрібних фракцій при влаштуванні природного піщано- гравійного фільтра; α – коефіцієнт притоку; r – радіус еквівалентного по продуктивності великого колодязя досконалого типу, що заміняє систему щілин-дрен, м.

Останній метод, який ми розглянемо, це метод Е. Варга [2,9,10].

Вчений запропонував 2 формули для розрахунку мінімального дебіту променевого водозабору.

Заданося: $\rho = 0,4, V_d = 0,005$ м/с; $0,5D = r = 6,3$ м.

Перша формула має вигляд:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot (l + 0,5 \cdot D) \cdot (H - S) \cdot \rho \cdot V_d; \quad (6)$$

$$Q = 2 \cdot 3,14 \cdot (8 + 6,3) \cdot (12 - 5) \cdot 0,4 \cdot 0,005 = 1,26 \text{ м}^3/\text{с} = 108864 \text{ м}^3/\text{добу},$$

де D – діаметр водозбірної шахти; V_d – допустима вхідна швидкість, яка визначається в залежності від гранулометричного складу ґрунту.

Друга формула з урахуванням піщано- гравійного фільтра, навколо променевих дрен має вигляд:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot n \cdot (10 - l) \cdot \rho \cdot V_d; \quad (7)$$

$$Q = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 6 \cdot (10 - 8) \cdot 0,4 \cdot 0,005 = 0,23 \text{ м}^3/\text{с} = 19872 \text{ м}^3/\text{добу},$$

де ρ – пористість ґрунту в прифільтрової зоні; R_0 – радіус піщано- гравійного фільтра (від осі променя до непорушної зони природного ґрунту).

Так, як за формулою (6) ми отримали дуже завищений результат, тому в порівняльну таблицю заносимо значення дебіту визначене за формулою (7).

Всі результати розрахунків зводимо в порівняльну таблицю 3.

Таблиця 3

Таблиця результатів розрахунків

| Головні параметри | Методи розрахунку | | | | |
|----------------------------|---|---|---|--|---|
| | Д. Чітріні (2) | Ф. Фальке (3) | П. Офферхауза (4) | К. Абвезера (5.1), (5.2) | Е. Варга (7) |
| Q , дм ³ /с | 24,14 | 0,043 | 33,07 | 253,5/627,8 | 230 |
| Q , м ³ /добу | 2086 | 3,69 | 2857 | 21905/54241 | 19872 |
| Умови застосування | Метод можна застосовувати у випадку достатньо великої довжини фільтрів- променів у відношенні з потужністю обмеженого напірного водоносного шару. | Метод можна застосовувати, при пониженні рівня води в водозбірній шахті $S \leq 0,5H$, де H - потужність водоносного пласту. Та при висоті закладання променів $0,3H$ і $0,15H$ від водоупору. | Метод рекомендовано застосовувати, при коефіцієнті фільтрації $k = 2,6$ м/добу, тобто для маловодопроникних ґрунтів (суглинок, супісок тощо). | Метод не має конкретних обмежень по застосуванню | Метод не має конкретних обмежень по застосуванню. |

На завершення зазначимо, що розрахунок променевих водозаборів ґрунтується на емпіричних залежностях, отриманих в результаті досліджень існуючих водозаборів, що не мають однакових природних та геологічних умов, тому ці залежності дають наближені результати, лише для тих водозаборів, які певною мірою задовольняють умови застосування методу. Отже, якщо неправильно обрати потрібний метод розрахунку можна отримати результат, який буде повною нісенітницею, бо бачимо, наскільки різними є результати, при даних умовах (табл.1): найбільше значення дебіту складає 54241 м³/добу, а найменше: 3,69 м³/добу. Відповідно, це створює необхідність обирати найбільш доцільний метод розрахунку. Щоб обрати один результат з представлених вище методів, ми можемо виключити методи Фальке, та Варга так як результати дуже відрізняються від інших, також виключимо метод Абвезера, бо він має широкий діапазон результатів, які

обумовлені коефіцієнтом $E = 1,05 \dots 2,6$. В методі Офферхауза головним недоліком є експериментальний параметр A , який суттєво впливає на результат в широкому діапазоні. Серед емпіричних методів розрахунку, метод Чітріні, дає більш-менш достовірний результат.

Найбільш *достовірним для розрахунків* променевих водозаборів слід вважати розрахункові залежності, запропоновані Т.О. Разумовим та О.Я. Олійником, отримані на базі широких теоретико-експериментальних досліджень з урахуванням особливості роботи променевих водозаборів в різних умовах.

В *практиці проектування* променевих водозаборів найбільше розповсюдження до теперішнього часу знаходять розрахункові залежності М.Д. Бочевера, відповідно до яких продуктивність променевих водозаборів берегового та водороздільного типів, тобто водозаборів фільтри-промені яких не знаходяться під дном поверхневого джерела.

Список літератури

1. *Анатольевский П.А., Гальперин Л.В.* Водозабор подземних вод. – М.: Стройиздат, 1965. – 118 с.
2. *Тугай А.М.* Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – К.: Вища школа, 1984. – 200 с.
3. *Олейник А.Я.* Расчет дополнительных фильтрационных сопротивлений горизонтальных дренаж, несовершенных дренаж і несовершенных скважин в двухслойном пласте // Труды координац. совещаний по гидротехнике. – Энергия. – Выпуск 35, 1967. – С.87-98.
4. *Разумов Г.А.* Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. – М.: Стройиздат, 1988. – 240 с.
5. *Бочевер М.Ф. и др.* Проектирование водозаборов подземных вод. *Разумов Г.А.* Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. – М.: Стройиздат, 1976. – 291 с.
6. *ДБН В.2.5-74:2013.* Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.
7. *Тугай А.М., Тугай Я.А.* Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди // Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу. – К., 1998. – С.148-155.
8. *Тугай А.М., Орлов В.О.* Водопостачання. – К.:Знання, 2009. – 736 с..
Тугай А.М. Розрахунок і конструювання водозабірних вузлів. – К.: Будівельник, 1978. – 234 с.

Надійшло до редакції 19.12.2015