

$$C_3(x, t) = C_{01} K^* \frac{e^{-\frac{K_3}{V_0} x} - e^{-\frac{K_2}{V_0} x}}{K_2 - K_3} + C_{03} e^{-\frac{K_2}{V_0} x}. \quad (26)$$

Аналіз показав, що надійність і достовірність розрахунку технологічних і конструктивних параметрів очисних фільтрів у зазначених умовах їх роботи значною мірою залежить від визначення змінних у часі за рахунок кольматації коефіцієнтів фільтрації шарів завантаження. Тому подальше дослідження щодо їх визначення необхідно продовжити.

1.Веригин Н.Н. Кольматация радиальных фильтров с активированным углем. – М.: Стройиздат, 1971. – 169 с.

2.Минц Д.М., Мельцер В.З. Гидравлическое сопротивление зернистой пористой среды в процессе кольматации // Доклады АН СССР. – 1970. – Т.192. – №2. – С.25-29.

3.Минц Д.М. Гидравлика зернистых материалов. – М.: Стройиздат, 1955. – 300 с.

4.Кисилев С.К. Моделирование и расчеты обезжелезивания воды на очистных фильтрах с учетом изменения гидравлических свойств загрузки: Дисс. ... канд. техн. наук. – К., 2000. – 161 с.

5. Олійник Е.О., Величко С.В. Фільтраційний розрахунок очисних фільтрів в умовах утворення осаду на його поверхні // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Наук.-техн. зб. Вип.8. – К., 2008. – С. 42-46.

6.Олійник О.Я., Сорокін С.М. Моделювання фільтрування неоднорідної суспензії з утворенням шару осаду // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Наук.-техн. зб. Вип.6. – К., 2006. – С.34-38.

Отримано 28.12.2009

УДК 628.16

И.Н.ЧУБ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА РАСЧЕТА КАТИОНИТОВОГО ФИЛЬТРА

Обсуждается разработанный метод расчета катионитового фильтра. Приводится сравнение предложенного метода с существующими методами. Дана оценка полученным результатам.

Обговорюється розроблений метод розрахунку катіонітового фільтру. Виконано порівняння цього методу з існуючими методами. Дано оцінку отриманим результатам.

In the article the dependencies for the sodium-cation filter calculation was proposed. The technique of the operational parameters was developed. The developed method of the sodium-cation filters calculation has been compared with others well-known methods.

Ключевые слова: катионитовый фильтр, умягчение, рабочая емкость, период фильтроцикла, скорость фильтрования, рабочая зона.

В технологии водоподготовки для умягчения воды применяют

натрий-катионитовые фильтры. Ионообменные фильтры как устройства, входят в список основного технологического оборудования тепловых и атомных электростанций. Одной из проблем при эксплуатации этих установок являются зафиксированные рабочие параметры (скорость, рабочая емкость, количество соли и воды для собственных нужд), которые определяются на момент проектирования и не меняются в процессе эксплуатации. Как показывает практика, требуемое количество умягченной воды непостоянно, следовательно, обработка воды при фиксированных рабочих параметрах приводит к неэффективному использованию катионита и избыточному сбросу солей в окружающую среду.

Одним из важнейших аспектов совершенствования эксплуатации водоподготовительного оборудования предприятий теплоэнергетики, является разработка специального программного обеспечения и оснащение эксплуатирующихся ионообменных установок средствами управляющей вычислительной техники. Для этого необходимо иметь соответствующую теоретическую базу, а именно – инженерные методы расчета.

Вопросами водоподготовки занимались А.С.Копылов, В.Ф.Очков, Ф.И.Белан [1, 2] и др. Однако вопросы, связанные с изменением условий работы фильтра и использованием расчетных методов в процессе эксплуатации, на сегодня освещены недостаточно.

В результате обзора литературы, выполнен анализ существующих методов расчета Na-катионитовых фильтров. Изучены основные закономерности умягчения в аппаратах с неподвижным плотным слоем [1]. Было установлено, что основной процесс умягчения идет в рабочей зоне аппарата. Для выявления факторов, влияющих на работу катионитового фильтра, были проведены лабораторные исследования, в ходе которых изучалось влияние скорости фильтрования на неиспользованную емкость загруженного катионита. Результаты исследований приведены на рисунке и в таблице.

Объем воды ΔV , из таблицы, эквивалентен неиспользованной емкости катионита. Рост неиспользованного катионита при повышении скорости фильтрования объясняется разной высотой рабочей зоны, которая определяется по соотношению [2]

$$h_{p.з.} = 4 \cdot 10^{-2} v \cdot d_3^2 \cdot 2,31g C_0, \quad (1)$$

и зависит от исходной концентрации катионов жесткости умягчаемой воды. Эта зона имеет свои характеристики (высоту и скорость перемещения), которые определяются по известным соотношениям. Сложнее всего определить характер распределения концентраций и отра-

ботку катионита в рабочей зоне фильтра при наступлении проскока.



Зависимость неиспользованной емкости катионита от скорости фильтрации

Результаты экспериментальных исследований

Скорость м/ч	Определяемые параметры				
	время проскока, τ_{np} , ч	время насыщения, τ_n , ч	объем воды $V_n - V_0$ ΔV , м ³	средняя жесткость фильтрата J_{cp} , мг-экв/дм ³	высота рабочей зоны $h_{p,z}$, м
3	6,43	9,2	0,017	2,3	0,15
5	3,2	5,7	0,025	3	0,24
7	1,7	4,03	0,031	2,1	0,33

Из [1] известно, что на распределение концентраций оказывает влияние вид изотермы и неравновесные (динамические) условия. В динамических условиях, в которых протекают все процессы умягчения, добиться фазового равновесия сложно. С учетом перечисленных условий был разработан метод определения неиспользованной емкости катионита в рабочей части фильтра и получены формулы для вычисления рабочего периода фильтра и динамической обменной емкости [3]:

$$\tau_{np} = \frac{\bar{C}_0}{(C_0 - C_{np}) \nu \cdot f} (V_k - V_{n.3}), \text{ ч}; \quad (2)$$

$$e_p = \frac{\bar{C}_0 (V_k - V_{n.3})}{f \cdot h}, \text{ г-экв/м}^3, \quad (3)$$

где \bar{C}_0 – емкость катионита с учетом условий регенерации и частичного задержания катионов Na^+ , г-экв/м³; V_k – объем загруженного в

фильтр катионита, $h_k \cdot f$, м³; $V_{н.з}$ – объем неиспользованной зоны фильтра, эквивалентный (хвостовой) неиспользованной емкости катионита; h_k – высота загруженного катионита.

Период работы фильтра является важной технологической характеристикой. Полученное выражение (2) сравнивали с другими известными формулами для определения рабочего периода фильтра, которыми пользуются в водоподготовке. Для сравнения было выбрано уравнение Громогласова [1], как наиболее распространенное и другие формулы [2]. Расчет выполняли для следующих условий: фильтр диаметром 3,4 м, загрузка катионит КУ-2-8; высота загрузки – 1,6 м; диаметр зерна катионита, $d_3=0,8$ мм. Производительность фильтра 137 м³/ч, соответственно скорость фильтрования $v=15$ м/ч. Исходная концентрация катионов жесткости в воде $C_0 = 7$ г-экв/м³. Концентрация в фильтрате $C_{np} = 0,1$ г-экв/м³, обменная емкость катионита КУ -2-8 в процессе эксплуатации (по известной полной обменной емкости $E_n=1500$) $E_p^{Na} = \bar{C}_0=1048$ г-экв/м³.

По формуле Громогласова [1]:

$$\tau = \frac{h_{cl}}{v \cdot \beta} \frac{-\ln \varphi - 1}{0,92 \cdot v^{0,5} \cdot d_3^{-1,5} \cdot \beta^{0,5}}, \quad (4)$$

где τ – время фильтрования до заданного значения проскока, ч; v – скорость фильтрования, м/ч; d_3 – диаметр зерна катионита, мм; h_{cl} – высота слоя катионита, м; $\varphi = C_\phi / C_0$; $\beta = C_0 / q_0$; C_0 и C_ϕ – концентрации ионов соответственно исходная и в фильтрате; q_0 – концентрация ионов, сорбированных единицей объема катионита.

$$\tau_{np} = \frac{1,6 \cdot 1048}{15 \cdot 7} \frac{-\ln \frac{0,1}{7} - 1}{0,92 \cdot 15^{0,5} \cdot 0,8^{-1,5} \cdot 0,007^{0,5}} = 8,1 \text{ ч.}$$

По предложенной зависимости (2):

$$\tau_{np} = \frac{\bar{C}_0 (V_\kappa - V_{н.з})}{(C_0 - C_{np}) f \cdot v} = \frac{1048(14,56 - 4,12)}{(7 - 0,1)9,1 \cdot 15} = 11,5 \text{ ч.}$$

Другие формулы из [3]:

$$\tau_{np} = \frac{E_{раб} \cdot h_k}{v \cdot C_0} - \frac{0,02 E_{раб} d_3^2 \ln C_0}{C_0}, \text{ ч;} \quad (5)$$

$$\tau_{np} = \frac{1048 \cdot 1,6}{15 \cdot 7} - \frac{0,02 \cdot 1048 \cdot 0,8^2 \ln 7}{7} = 12,32, \text{ ч.}$$

$$\tau = \frac{e_p \cdot h_k}{v \cdot \mathcal{K}_{u.6}} = \frac{1048 \cdot 1,6}{15 \cdot 7} = 15,9 \text{ ч.} \quad (6)$$

Полученные по трем уравнениям τ_{np} были проанализированы. Установлено, что на расхождение результатов влияет второй элемент правой части уравнений (4) и (5). Уравнение (4), практически не учитывает рабочую зону аппарата. Это объясняет полученный результат, т.е. самый короткий период работы фильтра – 8,1 ч. Авторы уравнения (5) предлагают условно считать использованным только половину катионита в рабочей зоне (коэффициент $0,02 = 0,5 \cdot 0,04$).

Формула (6) широко используется для практических расчетов. Однако расчеты, выполненные по ней, являются недостаточно точными и требуют корректировки в процессе эксплуатации.

Предлагаемая формула (2) учитывает влияние концентрационного фронта и степень использования емкости катионита в рабочей части аппарата в зависимости от скорости фильтрования и исходной концентрации воды. Следовательно, применение формулы (2) для определения периода работы фильтра в процессе эксплуатации позволяет получить адекватные результаты.

1.Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: МЭИ, 2003. – 309 с.

2.Белан Ф.И. Водоподготовка (расчеты, примеры, задачи). – М.: Энергия, 1980. – 256 с.

3.Чуб И.Н. Повышение эффективности работы натрий-катионитовых установок на основе разработанного АРМа // Науковий вісник будівництва. Вип.46. – Харків: ХДТУ-БА, ХОТВ АБУ, 2008. – С.208-212.

Получено 04.12.2009

УДК 628.112

Ю.М.ПІКУЛЬ

Київський національний університет будівництва і архітектури

ВПЛИВ ЛІТОЛОГІЧНОГО ВІКНА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

Наведено аналітичні рішення стосовно врахування впливу літологічного вікна на продуктивність водозабірних свердловин. На основі теоретичних досліджень зроблено висновки щодо врахування опору вікна у розрахунках неусталеного режиму фільтрації.

Приведены аналитические решения, касающиеся учета влияния литологического окна на производительность водозаборных скважин. На основе теоретических исследо-