

Н.А. Гуринчик, Одесская государственная академия строительства и архитектуры.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ФИЛЬТРОВАНИЯ

Приведены зависимости для определения времени защитного действия загрузки и времени достижения предельных потерь напора, проанализирована связь между ними. Показана целесообразность определения времени достижения предельного уровня воды в фильтре вместо предельных потерь напора.

Наведено залежності для визначення часу захисної дії завантаження і часу досягнення граничних втрат напору, проаналізовано зв'язок між ними. Показана доцільність визначення часу досягнення граничного рівня води у фільтрі замість граничних втрат напору.

The association is presented for determining the time of protective action of filter bed and time of achievement the limit head loss, also analyzed the correlation between them. The expediency of determining the time of achievement limiting water level in the filter instead of limiting head loss.

В настоящее время на большинстве водоочистных станций управление режимами работы скорых фильтров происходит следующим образом. Время работы фильтра определяется оператором из опыта или согласно графику промывок фильтра. Естественно, при таком подходе грязеемкость и располагаемый напор используется не полностью.

Продолжительность фильтроцикла определяется как время от начала фильтрования до момента, когда выполнится одно из условий:

$$h \geq h_{np}, \quad (1)$$

$$C_{\phi} \geq C_{\text{дон}}. \quad (2)$$

где h и h_{np} – потери напора в загрузке и предельное их значение;

C_{ϕ} и $C_{\text{дон}}$ – мутность фильтрата и допустимое её значение.

Целевые функции, описывающие процесс осветления воды в зернистом слое, можно представить в виде [1]:

$$h = \Phi_1(V, t, L, C_o, S_u, T_m, Z_c, Z_{\phi.x}), \quad (3)$$

$$C = \Phi_2(V, t, L, C_o, S_u, T_m, Z_c, Z_{\phi.x}), \quad (4)$$

где S_u – фактор, учитывающий динамику процесса фильтрования воды в зернистом слое под воздействием изменения физико-химических свойств исходной воды и взвеси; T_m , Z_c и $Z_{\phi.x}$ – факторы, учитывающие технологическую схему фильтрования, геометрическую структуру и физико-химические свойства фильтрующей загрузки.

Целью теории фильтрования является нахождение решений целевых функций (1), (2) в элементарных «физико-химических величинах». Под ними М.Г.Журба [1] понимает величины, численное значение которых можно измерить непосредственно и задать их при работе фильтра. Такими величинами являются V , t_{ϕ} , C_o и L . Четыре другие величины S_u , T_m , Z_c и $Z_{\phi.x}$ не являются элементарными, так как измерить их численное значение непосредственно невозможно. Без теоретической оценки технологических показателей нельзя понять происходящие процессы и правильно запроектировать фильтры.

Для расчета продолжительностей фильтроцикла в [2-5] используют формулы:

– время защитного действия загрузки–

$$T_s = \frac{1}{K} \cdot \frac{b}{a} \left(x - \frac{X_0}{b} \right) \quad (5)$$

– время достижения предельных потерь напора получено из соотношения–

$$\frac{h}{t} = i_{\sigma} F(A) \frac{a}{b} \quad (6)$$

откуда

$$T_x = \frac{h_{np} - h_o}{h_o F(A)} \cdot \frac{b}{a} x \quad (7)$$

где i_o и h_o – начальные гидравлический уклон и потеря напора (в чистой загрузке); K и X_o – константы, значения которых зависят только от эффекта осветления C/C_o ; $F(A)$ – функция, зависящая только от предельной насыщенности порового пространства отложениями A ; a/b – параметр, характеризующий скорость проникновения отложений вглубь загрузки.

Уравнение (6) учитывает все факторы, от которых зависит прирост потери напора. Влияние скорости фильтрования, размера зерен загрузки, свойств фильтруемой суспензии и осадка учитывается параметрами процесса a , b и A . Влияние V и $d_{экр}$ учитывается также значением начального гидравлического уклона i_o , который, кроме того, зависит от температуры воды и структурных характеристик пористой среды – пористости и формы зерен загрузки. Вместе с тем, уравнения (6) и (8) действительны при работе фильтра с постоянной скоростью и не учитывают динамику поступления воды в фильтр, рост слоя воды над загрузкой, а также влияние соседних фильтров на оставшиеся в работе фильтры.

Расчет технологического процесса фильтрования основывается на данных технологического моделирования и критериях оптимального режима работы фильтров. Критерием оптимального режима является соотношение между временами защитного действия загрузки T_3 и достижения предельной потери напора T_h .

Вопрос об оптимальном соотношении T_3 и T_h впервые был рассмотрен Д.М. Минцем [5]. Когда $T_3 > T_h$, фильтр выключают на промывку в связи с тем, что дальнейший прирост потери напора невозможен, так как достигнут предельный напор, обусловленный высотным расположением очистных сооружений. При этом задерживающая способность материала используется не полностью, так как фильтр еще дает воду требуемого качества. Если же $T_3 < T_h$, фильтр необходимо выключать на промывку из-за ухудшения качества фильтрата, но при этом потеря напора в загрузке не достигла своего предельного значения. С технико-экономической точки зрения оптимальным является соотношение $T_3 = T_h$. Однако с позиций санитарной надежности рекомендуется принимать $T_3/T_h > 1$, так как при этом в течение всего фильтроцикла гарантируется высокое качество очищенной воды. С увеличением соотношения T_3/T_h возрастает санитарная надежность фильтровальных сооружений, но одновременно растут затраты. Обычно в оптимизационных расчетах принимают:

$$T_3 = (1,2-1,3) T_h \quad (8)$$

Соотношение (8) базируется на том, что контроль качества фильтрата, на основании которого делается вывод о необходимой величине T_3 , на большинстве станций – процесс достаточно длительный (необходимо отобрать пробы воды, доставить их в химическую лабораторию, определить мутность). Вместе с тем, при современной технике контроля мутности, которая производится в режиме on-line, а показания можно автоматически передавать на компьютер оператора, этот подход теряет свою актуальность. Иначе говоря, при достаточной оснащенности фильтров приборами контроля мутности можно перейти к соотношению $T_3 = T_h$.

В существующих описаниях процесса фильтрования под потерями напора подразумеваются только потери в слое загрузки, для определения которых на практике необходимо оборудовать фильтр вакуумными пьезометрами (датчиками уровня) над дренажно-распределительной системой и над загрузкой. Менее трудоемким, более точным и надежным будет наблюдение за изменением уровня воды в фильтре, который зависит не только от сопротивления загрузки, а и сопротивления дренажа и коммуникаций фильтрата. При этом возможен отказ от определения времени достижения предельных потерь напора и переход к определению времени достижения допустимого уровня воды в фильтре – T_H .

На кафедре водоснабжения ОГАСА был разработан алгоритм послойно-повременного счета [6, 7], реализованный с помощью программы Microsoft Excel с использованием макросов. По полученным данным построены графики динамики скорости фильтрации, потерь напора в загрузке, уровня воды в фильтре (рис. 1), мутности фильтрата (рис. 2). Затем определяют время достижения предельных потерь напора (T_h), уровня воды в фильтре (T_H), и защитного действия загрузки (T_3). Поиск значений T производят с помощью стандартной функции Excel «Просмотр». Поиск T_3 выполняются по формуле:

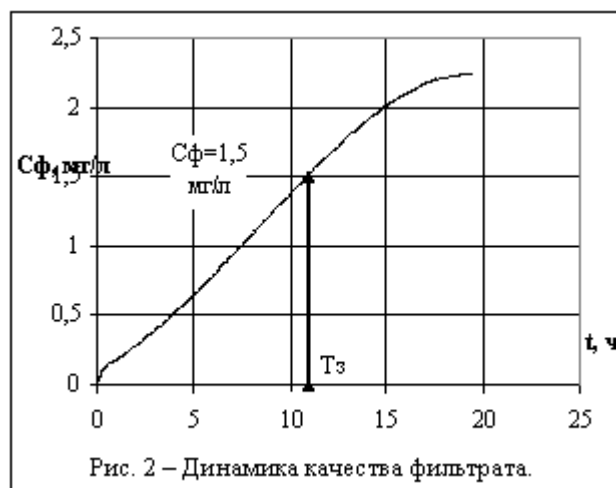
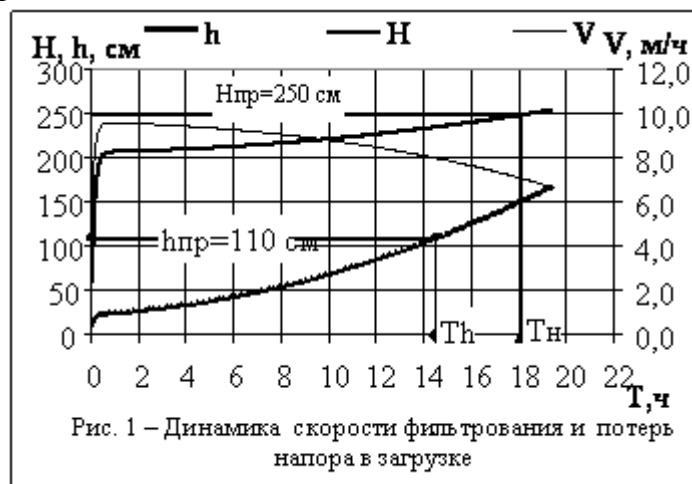
$$T_3 = \text{ПРОСМОТР}(\text{искомое значение}(C_{\text{дон}}); \text{просматриваемый вектор}(C_{\phi}(t)); \text{вектор результатов}(t)), \quad (9)$$

где $C_{\text{дон}}$ – принимается согласно нормам [8].

Аналогичным образом определяют T_H . Минимальное значение из T_3 и T_H принимается в качестве продолжительности фильтроцикла:

$$T = \min\{T_3, T_H\}. \quad (10)$$

Необходимость определения времени достижения предельного уровня воды в фильтре подтверждается рис. 1. При неточном задании предельных потерь напора продолжительность фильтроцикла оказалась меньше, чем при учете максимального уровня воды в фильтре.



Таким образом, показана целесообразность использования для определения продолжительности фильтроцикла времени достижения предельного уровня воды в фильтре.

Литература

1. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те. 1980. – 200 с.
2. Аюкаев Р.И. Интенсификация работы водоочистных фильтров и совершенствования метода их расчета. Учебное пособие. Петрозаводск 1985.
3. Аюкаев Р.И., Грабовский П.А., Ларкина Г.М. Пути интенсификации работы фильтровальных сооружений // Химия и технология воды. – 1991, т.13, № 11. – С. 1041–1047.
4. Мельцер В.З. Фильтровальные сооружения в коммунальном водоснабжении. – М.: Стройиздат, 1995. – 177 с.
5. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 156 с.
6. Грабовский П.А., Гуринчик Н.А. Численное моделирование работы фильтровальных сооружений // Вісник національного університету водного господарства та природокористування, вип. 4(40), ч. 2, Рівне. – 2007, С. 429-434.
7. Грабовский П.А., Горобченко А.И. Гуринчик Н.А. Постановка задач оптимального проектирования и управления работой фильтровальных сооружений // Тезисы докладов V Международного конгресса «Вода: экология и технология» (ЭКВАТЭК–2008), 3–6 июня 2008. – М., 2008. – 8 с.
8. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.