

А.И. Горобченко, Одесская государственная академия строительства и архитектуры.

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ

Рассмотрены проблемы, возникающие при оптимизации режимов управления работой скорых фильтров. Представлены способы реализации алгоритмов управления работой фильтров. Определен экономический эффект от внедрения предложенных алгоритмов.

Розглянуто проблеми, які виникають при оптимізації режимів керування роботою швидких фільтрів. Наведено приклади реалізації алгоритмів керування роботою фільтрів. Визначено економічний ефект від впровадження запропонованих алгоритмів.

Clause is dedicated to the vital problem of an increase in the effectiveness in the work of filter construction via the search for the optimum parameters of the work, such as: the duration of filter cycle and the duration of washing.

Задачу эксплуатации скорых водоочистных фильтров можно сформулировать следующим образом – обеспечить подачу заданного количества воды при ее качестве не ниже допустимого, регламентируемого нормами (ГОСТ, СанПиН и т.п.). Эти задачи должны быть решены так, чтобы эксплуатационные затраты были минимальными.

Функция цели при выборе оптимальных режимов работы скорых фильтров – эксплуатационные затраты. Как показано в [1], для данной задачи эти затраты эквивалентны относительноному расходу промывной воды $\Phi = \Sigma W_{np} / Q_0$ (ΣW_{np} – суммарный суточный объем промывной воды, Q_0 – заданная полезная производительность станции). Основными управляющими параметрами процесса фильтрования являются продолжительность фильтроцикла (T) и продолжительность промывки (t). Остальные параметры, которыми можно управлять, как правило, заданы.

Таким образом, задача оптимизации формулируется так: найти управляющие параметры – продолжительность фильтроцикла T и промывки t , обеспечивающие минимум функции цели $\Phi = \Phi(T, t)$. Эта задача должна решаться с учетом ряда ограничений:

1. Мутность фильтрата не должна быть больше допустимой

$$M\phi \leq M_{доп} \quad (1)$$

2. Производительность фильтра равна заданной

$$Q = Q_{зад} \quad (2)$$

3. Продолжительность фильтроцикла не должна быть больше допустимой, диктуемой правилами эксплуатации фильтровальных сооружений [2]

$$T \leq T_{доп} \quad (3)$$

4. К началу промывки объем воды в резервуаре или в водонапорной башне (W_p) должен быть достаточным для промывки фильтра, должна также быть свободна емкость для приема промывной воды ($W_{об}$), т.е.

$$W \leq W_p \text{ и } W \leq W_{об} \quad (4)$$

Рассматриваемая задача относится к категории задач нелинейного программирования с ограничениями типа равенств и неравенств [3].

Согласно анкетного опроса, проведенного в работе [1], большая часть водопроводов крупных городов России, Украины и в большинстве других зарубежных стран эксплуатирует фильтры с переменной скоростью. Этот режим работы скорых фильтров изучен недостаточно, поэтому вопрос управления и оптимизации работы таких фильтров в настоящее время вполне актуален. В настоящее время продолжительность фильтроцикла (T) и длительность промывки (t) фильтра назначают, исходя из опыта эксплуатации или

интуитивно. При этом, естественно, нет гарантии, что назначенные параметры близки к оптимальным.

Выходом из сложившейся ситуации может стать использование метода адаптивного управления. Адаптивное управление [adaptive control] – такое управление, когда эффективность сделанных корректировок определяется в ходе следующего цикла работы, а их величины и направленность – на основе предыдущего рабочего процесса.

Для реализации предложенного способа управления работой скорого фильтра были разработаны алгоритмы управления работой фильтровальными сооружениями [4]. Алгоритмы позволяют устанавливать продолжительность фильтроцикла и продолжительность промывки фильтра, соответствующие минимальному значению расхода воды на собственные нужды, что позволяет повысить эффективность работы станции очистки воды.

Управление фильтровальными сооружениями с использованием разработанных алгоритмов может быть реализовано следующими способами:

1. Без дополнительных капитальных вложений – с использованием существующего обязательного комплекта контрольно-измерительных приборов, необходимого для работы станции [5].

2. С использованием контрольного сооружения, оборудованного необходимым комплектом контрольно-измерительных приборов, и распространением результатов на соседние фильтры.

3. Установкой необходимого комплекта контрольно-измерительных приборов на каждом фильтре блока очистной станции.

Выбор необходимого количества приборов, а также их типа и места монтажа определяет специфика процессов, происходящих в фильтре в ходе его эксплуатации – фильтрование и промывка (рис. 1).

В качестве приборов контроля можно использовать расходомеры, обладающие аналоговым выходом [6-9], а для контроля качества – приборы, позволяющие одновременно контролировать несколько фильтров путём отбора проб выносными датчиками, что уменьшает стоимость системы.

Для эффективной работы алгоритма с использованием прогнозов на основе математического моделирования необходим комплект контрольно-измерительных приборов, показанный на рис. 1:

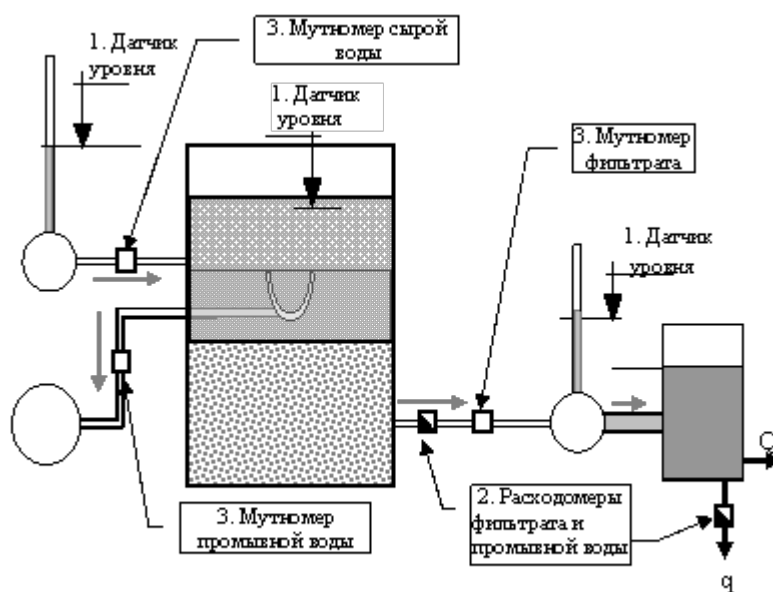


Рис. 1 – Схема установки контрольно-измерительных приборов.

1. Датчики уровня воды до фильтровальных сооружений, в фильтре, в коллекторе фильтрата.

2. Расходомеры фильтрата и промывной воды.

3. Приборы контроля мутности фильтрованной и промывной воды (на каждом фильтре или на группу фильтров).

Следует отметить, что большая часть контрольно-измерительных приборов в соответствии со СНиП [5] должна быть предусмотрена проектом.

При определении экономической эффективности была принята схема управления фильтровальными сооружениями с использованием контрольного сооружения, оборудованного необходимым комплектом контрольно-измерительных приборов.

Начальные расходы K_c по реализации проекта будут состоять из следующих статей:

1. Стоимость приборов [9] – 97,35 тыс. грн.

2. Компьютерное оборудование – 10,0 тыс. грн.

3. Монтаж системы и коммуникаций связи – 9,1 тыс. грн (10% от стоимости оборудования по п.п. 1-2).

4. Стоимость программного обеспечения – 3,0 тыс. грн.

Начальные расходы по пунктам (1– 4) – $K_c = 119,45$ тыс. грн.

Ежегодные затраты на реализацию проекта:

1. Амортизация принята согласно рекомендациям [11] в размере 6,25% в квартал. Годовая норма амортизационных отчислений определена по формуле, приведенной в рекомендациях [11] – $A = 7,3$ тыс. грн:

2. Обслуживание системы – 15,0 тыс. грн.

3. Обновление программного обеспечения – 3,75 тыс. грн.

Суммарные затраты на реализацию проекта в течение года составят $C = 26,05$ тыс. грн. Доходы от реализации проекта достигаются за счёт сокращения расходов воды на собственные нужды станции. Снижение годового расхода воды на собственные нужды достигается за счёт изменения следующих параметров:

1. Сокращение числа промывок за год – достигается за счёт увеличения продолжительности фильтроцикла:

$$n_{np} = \frac{8760 n_{\phi}}{T}, \quad (5)$$

где n_{np} – число промывок за год; 8760 – продолжительность года в часах; n_{ϕ} – число фильтровальных сооружений; T – продолжительность фильтроцикла, ч.

2. Сокращения расхода воды на одну промывку, за счёт уменьшения её продолжительности

$$W_{np} = V_{np} \cdot F \cdot t, \quad (6)$$

где V_{np} – интенсивность промывки; F – площадь фильтра;

t – продолжительность промывки.

Годовая экономия промывной воды равна –

$$\Delta W = W_{np}^{нач} n_{np}^{нач} - W_{np}^{онм} n_{np}^{онм}, \quad (7)$$

где $W_{np}^{нач}$, $n_{np}^{нач}$ – значения расхода воды на одну промывку и количество промывок в год до применения алгоритма;

$W_{np}^{онм}$, $n_{np}^{онм}$ – установленные значения расхода воды на одну промывку и число промывок в год с использованием алгоритма.

Расчет годового дохода от внедрения производится по формуле:

$$R = \Delta W S, \quad (8)$$

где R – результаты (доход), грн; ΔW – снижение годового объёма воды, полученное за счёт внедрения алгоритмов управления работой фильтровальных сооружений, m^3 ; S – себестоимость $1m^3$ воды на выходе из станции, грн/ m^3 .

Основанием для расчёта экономического эффекта являются данные Южноукраинской водопроводной очистной станции г. Южноукраинска за 2005 г., приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для экономических расчетов по результатам испытаний

Расчётный параметр	Ед. изм.	Контрольный	Расчётный
Средняя скорость фильтрования	м/ч	5	5
Средняя продолжительность фильтроцикла	ч	20	24
Расход воды на одну промывку	м ³	500	380

Для определения экономического эффекта была применена методика расчёта ЧДД [10,11]. Результаты расчётов, представленные в виде графика (рис. 2), приведены ниже.

Экономия воды на собственные нужды контактного осветлителя (КО) № 10 за год при площади контактного осветлителя 44м² составила $\Delta W=13,4$ тыс. м³. Годовой экономический эффект составил около 11 тыс. грн., удельный экономический эффект на 1 м² площади осветлителя $\mathcal{E}' = 250$ грн/м².

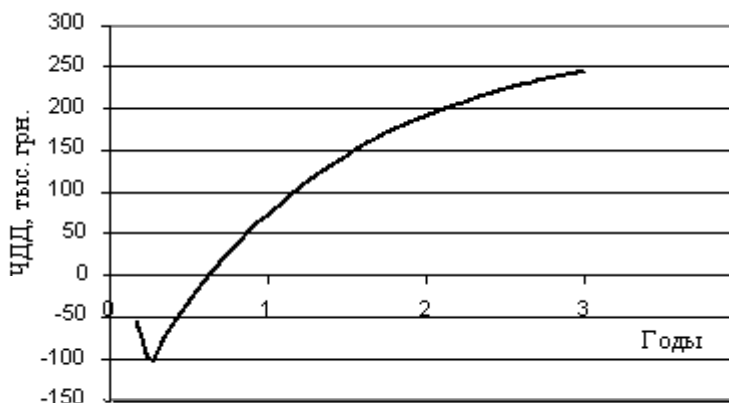


Рис. 2 – Результаты расчёта ЧДД от внедрения разработанных алгоритмов.

Литература

1. Грабовский П.А. Обоснование продолжительности промывки скорых фильтров. // Химия и технология воды. – 1986. – т.10. – №5. – с.423-426.
2. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест /МЖКХ РСФСР. – М.: Стройиздат, 1979. 192с.
3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975.-534с.
4. Горобченко А.И. Алгоритмы управления работой фильтровальными сооружениями. Дис. канд. техн. наук, – Одесса: 2008.
5. СНиП 2.04.02.-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985.–136 с.
7. Новые разработки украинского научно-исследовательского института прогрессивных технологий в коммунальном хозяйстве (водоснабжение и водоотведение) Харьков: Укркомундніпрогрес, 1997. – 37 с.
8. Проспект “Харьковкомунпромвод” / Специальное проектно-конструкторское бюро автоматизированных систем управления водоснабжением (СПКБ АСУВ). Харьков: Инфотех-сервис. – 35 с.
9. Catalog Number 6010018 / 1720E Low Range Turbidimeter User Manual December 2005, Edition 6 Nach Company 2003-2005, USA.
10. Постанова від 12 липня 2006 р. N 959 Київ «Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з централізованого водопостачання та водовідведення» / Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12 липня 2006 р. N 959.

11. Дзезик С.С., Михайлытый А.Л., Ларкина Г.М. Методические указания по расчёту себестоимости воды и тарифов на водопроводных предприятиях. – Одесса: Астропринт, 1999. – 64 с.