

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ХИМОБЕССОЛЕННОЙ И УМЯГЧЕННОЙ ВОДЫ ПО КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ**

**Докт. техн. наук ФЕЙЗИЕВ Г. К., асп. ДЖАЛИЛОВА М. М.**

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет*

Технологии по выработке обессоленной и умягченной воды, разработанные в Азербайджанском архитектурно-строительном университете (АзАСУ), вошедшие во многие «Руководящие указания...» и внедренные на многих ТЭЦ СНГ, позволяют резко повысить экономическую и экологическую эффективность процессов водоприготовления. Технологии химобессоливания дают возможность снизить удельные расходы реагентов кислоты и щелочи практически до стехиометрического количества, повысить значения рабочей обменной емкости ионитов, особенно катионитов, уменьшить удельный расход воды на собственные нужды установки и тем самым – количество сбросных стоков. Причем стоки, полученные при этом, представляют собой умягченные растворы и могут быть полезно использованы. Технологии же умягчения позволяют ликвидировать образующие стоки в процессе обработки воды [1–6].

Как показали исследования, дальнейшее повышение эффективности процесса водоприготовления может быть достигнуто комбинированием процессов подготовки вод различного качества. При этом появляется возможность утилизации отработанных регенерационных растворов (ОРР), получающихся в одном процессе, в другом.

В статье приводятся результаты исследования разработанной в АзАСУ технологии подготовки химобессоленной и умягченной воды по комбинированной схеме [7]. Одним из преимуществ данной схемы является отказ от использования кальцинированной соды. Это, с одной стороны, удешевляет процесс водоприготовления, с другой стороны, уменьшает количество  $\text{Na}^+$ -ионов, подлежащих в дальнейшем утилизации.

Принципиальная схема осуществления данной технологии по комбинированной выработке химобессоленной и умягченной воды показана на рис. 1. Согласно этой схеме исходная вода подается в осветлитель, где осуществляется ее известкование с коагуляцией. После предочистки известкованная вода подается в Na-катионитный фильтр 2, где глубоко умягчается. Затем часть этой воды подается на химобессоливание, а остальное количество направляется потребителю умягченной воды.

H- и OH-ионитные фильтры регенерируются практически стехиометрическим количеством раствора кислоты и щелочи. Разбавленные порции ОРР этих фильтров, в которых солесодержание не превышает солесодержания в исходной воде, собираются в бак разбавленных растворов 5 и оттуда дозируются в осветлитель исходной воды. Концентрированные порции ОРР H- и OH-фильтров, в которых содержатся практически только натриевые соли, используются для регенерации Na-катионитных фильтров.

Незначительные количества кислоты и щелочи, содержащиеся в составе ОРР этих фильтров, совместно нейтрализуются. ОРР Na-катионитных фильтров направляется в реактор 6, куда в эквивалентном количестве катионов магния подается известь. Здесь все катионы магния осаждаются в виде  $Mg(OH)_2$ . В результате концентрация  $Ca^{2+}$ -ионов и пресыщенность раствора по  $CaSO_4$  увеличиваются. Происходит осаждение и последнего соединения. Раствор с остаточной жесткостью 35–45 мг-экв/л после реактора умягчается в Na-катионитном фильтре 7. Умягченный раствор после этого фильтра в месте с концентрированными порциями ОРР H- и OH-ионитных фильтров химобессоливающей установки подается в концентратор, где осуществляется концентрирование натриевых солей. Натрий-катионитный фильтр обработанных в реакторе стоков регенерируется также концентратом натриевых солей.

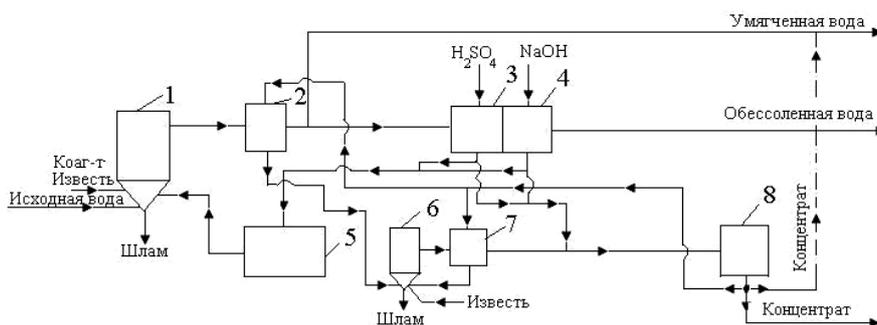


Рис. 1. Принципиальная схема осуществления технологии по комбинированной выработке химобессоленной и умягченной воды: 1 – осветлитель; 2, 7 – Na-катионитный фильтр; 3 – H-ионитный фильтр; 4 – OH-ионитный фильтр; 5 – бак разбавленных растворов; 6 – реактор; 8 – концентратор

Указанная технологическая схема в зависимости от производительностей химобессоленной и умягченной воды, а также состава исходной воды может резко уменьшить количество натрий-ионов, отводимых в сторону, или же исключить их вообще.

Исследованы два режима обработки вод:

1. Солесодержание умягченной воды, подаваемой потребителям, поддерживается равным солесодержанию в известкованной воде.
2. Солесодержание умягченной воды поддерживается на уровне, не превышающем солесодержание исходной воды.

В первом случае утилизируемое количество  $Na^+$ -ионов от химобессоливания при умягчении каждого кубического метра воды соответствует концентрации катионов жесткости в известкованной воде. Остальное количество  $Na^+$ -ионов покидает установку в составе концентрата. Учитывая, что  $Cl^-$ -ионам, поглощенным из обессоливаемой воды, осаждаться негде, единственным способом вывода их из установки является удаление их из состава концентрата. Поэтому минимальное количество  $Na^+$ -ионов, покидающих установку в составе концентрата, должно быть равно выводимому от установки количеству  $Cl^-$ -ионов. В противном случае происходит накопление хлор-ионов на установке и нарушается нормальный режим ее работы. Для уменьшения количества натрий-ионов, подобных  $Cl^-$ -ионам, в схеме анио-

нирования предусматривается отделение последних от остальных анионов. Учитывая указанное, значение относительной производительности умягченной воды  $\left(\frac{G_y}{G_{x.o}}\right)$  имеет ограничение. Написав уравнение балансов натрий- и хлор-ионов для максимального значения относительной производительности умягченной воды, при удельном расходе щелочи на регенерацию анионитных фильтров, равном около 1 г-экв/г-экв, т. е. при  $m_{щ} \approx 1$ , получаем

$$\left(\frac{G_y}{G_{x.o}}\right)^{\max} = \frac{Na_{и} + SO_{4,и} + D_k + A_{сл.к}}{Ж_{н.к} + Щ_{из} + D_k}, \quad (1)$$

где  $G_y$  и  $G_{x.o}$  – производительность умягченной и химобессоленной воды, м<sup>3</sup>/ч;  $Na_{и}$ ,  $SO_{4,и}$ ,  $Ж_{н.к}$  – концентрации соответственно натрий- и сульфат-ионов, а также некарбонатной жесткости в исходной воде;  $Щ_{из}$  – щелочность известкованной воды;  $D_k$  – доза коагулянта;  $A_{сл.к}$  – концентрация анионов слабых кислот, поглощенных в анионитном фильтре второй ступени, мг-экв/л.

Учитывая, что при обработке пресных вод  $Щ_{из}$ ,  $D_k$  и  $A_{сл.к}$  имеют практически постоянные значения, относительная производительность умягченной воды по предложенной технологической схеме в первом режиме работы установки зависит от суммарной концентрации натрий- и сульфат-ионов, а также от некарбонатной жесткости исходной воды. Для наглядного представления при значениях  $Щ_{из} = 1$ ,  $D_k = 0,4$  и  $A_{сл.к} = 0,4$  мг-экв/л на рис. 2 приводятся графики изменения значений максимальной относительной производительности умягченной воды в зависимости от суммарной концентрации натрий- и сульфат-ионов, а также от некарбонатной жесткости в исходной воде. Как следует из рисунка, с повышением суммарной концентрации натрий- и сульфат-ионов и снижением некарбонатной жесткости в исходной воде максимальное значение относительной производительности умягченной воды растет. Это объясняется тем, что при этом увеличивается количество натрий-ионов на регенерацию натрий-катионитных фильтров, сульфат-ионов – для осаждения кальций-ионов и уменьшается количество катионов жесткости, подлежащих замене натрий-ионами.

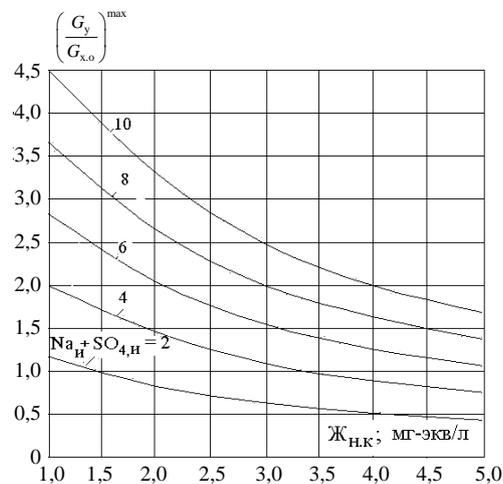


Рис. 2. Зависимость изменения максимальной относительной производительности умягченной воды от суммарной концентрации натрий- и сульфат-ионов, а также от некарбонатной жесткости в исходной воде

При исследовании второго режима работы установки, в котором содержание умягченной воды поддерживается не более чем солесодержание в исходной воде, получено, что имеется минимальное значение относительной производительности умягченной воды, при превышении которого натрий-ионы в сторону не выводятся. При этом установка работает в бессточном режиме, а качество умягченной воды получается таким же, как при обычном режиме натрий-катионирования исходной воды, когда солесодержание умягченной воды (мг-экв/л) равно солесодержанию в исходной воде.

Для определения значения минимальной относительной производительности умягченной воды в этом режиме получено выражение

$$\left(\frac{G_y}{G_{x.o}}\right)^{\min} = \frac{Na_{и} + m_{щ}(\text{SO}_{4,и} + \text{Cl}_{и} + D_k + A_{\text{сл.к}})}{Ж_{и}}. \quad (2)$$

При  $m_{щ} \approx 1$  г-экв/г-экв указанное выражение принимает вид

$$\left(\frac{G_y}{G_{x.o}}\right)^{\min} = \frac{Na_{и} + \text{SO}_{4,и} + \text{Cl}_{и} + D_k + A_{\text{сл.к}}}{Ж_{и}}, \quad (3)$$

где  $\text{Cl}_{и}$  и  $Ж_{и}$  – концентрации в исходной воде хлор-ионов и ионов жесткости, мг-экв/л.

Если фактическое значение относительной производительности умягченной воды больше, чем минимальное, то солесодержание умягченной воды получается меньше, чем в исходной воде, и определяется по формуле

$$S_y = \frac{(G_y + G_{x.o})Na_{и} + G_{x.o}(\text{SO}_{4,и} + \text{Cl}_{и} + D_k + A_{\text{сл.к}})m_{щ}}{G_y}. \quad (4)$$

При этом концентрации  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов в умягченной воде определяются следующим образом:

$$\text{Cl}_y = \text{Cl}_{и} + (S_{и} - S_{из}) \frac{\text{Cl}_k}{\text{Cl}_k + \text{SO}_{4,k}}; \quad (5)$$

$$\text{SO}_{4,y} = \text{SO}_{4,и} + D_k + (S_{и} - S_{из}) \left(1 - \frac{\text{Cl}_k}{\text{Cl}_k + \text{SO}_{4,k}}\right), \quad (6)$$

где  $S_{и}$  и  $S_{из}$  – солесодержание в исходной и известкованной воде, мг-экв/л;  $\text{Cl}_k$  и  $\text{SO}_{4,k}$  – концентрации сульфат- и хлор-ионов в концентрате, мг-экв/л;  $\frac{\text{Cl}_k}{\text{Cl}_k + \text{SO}_{4,k}}$  – отношение концентрации хлор-ионов к суммарной концентрации хлор- и сульфат-ионов в концентрате;

$$\frac{Cl_k}{Cl_k + SO_{4,k}} = \frac{G_{x,o} Cl_{и}}{G_{x,o} \left[ SO_{4,и} + Cl_{и} + D_k + m_k S_{из} \left( 1 + \frac{q_H}{100} \right) - S_{из} \right] - G_y S_{из}}, \quad (7)$$

где  $m_k$  – удельный расход кислоты на регенерацию катионитов в Н-фильтрах, г-экв/г-экв;  $q_H$  – удельный расход Н-катионированной воды на собственные нужды установки, %.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан и исследован режим комбинированной подготовки хим-обессоленной и умягченной воды без применения соды для осаждения ионов жесткости.
2. Изучен режим работы установки по выработке химобессоленной и умягченной воды, согласно которому солесодержание умягченной воды поддерживается равным солесодержанию в известкованной воде.
3. Определен предел применения данной схемы.
4. Изучен режим работы установки, при котором солесодержание не превышает солесодержание в исходной воде.
5. Установлено, что в конкретных условиях установка может работать в бессточном режиме.
6. Определен предел бессточного режима работы установки.
7. Получены выражения для определения солесодержания и состава умягченной воды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фейзи́ев, Г. К. Высокоэффективные методы умягчения и обессоливания воды / Г. К. Фейзи́ев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
2. Джаллилов, М. Ф. Химическое обессоливание воды на ТЭС сокращенными количествами реагентов и стоков / М. Ф. Джаллилов. – Баку: Элм, 1996. – 150 с.
3. Методические указания по проектированию ТЭС с максимально сокращенными стоками / Ю. Ф. Боднар [и др.]. – М.: ВТИ, ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, АЗИСИ, 1991. – 152 с.
4. Подготовка подпиточной воды теплосети с сокращенным расходом реагентов / М. Ф. Джаллилов [и др.] // Энергетик. – 1998. – № 8. – С. 22–23.
5. Новая техника и технологии, внедренные в ОАО «Татэнерго». Ресурсосберегающая технология обессоливания воды на Казанской ТЭЦ-3. [http://www.tatenergo.ru/innovative\\_activity.jsp](http://www.tatenergo.ru/innovative_activity.jsp) ОАО «ТАТЭНЕРГО», 2005.
6. Feyziev, G. K. Treatment of makeup water for heat-and-power engineering factories with environmentally appropriate and resource-saving technology / G. K. Feyziev, M. F. Jalilov // Natural Cataclysms and global problems of the modern civilization. – Baku–Innsburg, 2007. – P. 572–576.
7. Спосо́б обработки стоков ионитных фильтров в процессе обессоливания и умягчения: а. с. 1265149 СССР. МКИ С 02 F 1/42 / Г. К. Фейзи́ев // Бюл. изобр. – 1986. – № 39.

Поступила 06.06.2008