

**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 образуемые 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 (OPP), 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 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.

Н- и ОН-ионитные фильтры регенерируются практически стехиометрическим количеством раствора кислоты и щелочи. Разбавленные порции OPP 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 OPP Н- и ОН-фильтров, в которых содержатся практически только натриевые соли, используются для регенерации Na -катионитных фильтров.

Незначительные количества кислоты и щелочи, содержащиеся в составе OPP этих фильтров, совместно нейтрализуются. OPP Na-cationитных 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-cationитном фильтре 7. Умягченный раствор после этого фильтра в месте с концентрированными порциями OPP H- и OH-ионитных фильтров химобессоливающей установки подается в концентратор, где осуществляется концентрирование натриевых солей. Натрий-cationитный фильтр обработанных в реакторе стоков регенерируется также концентратом натриевых солей.

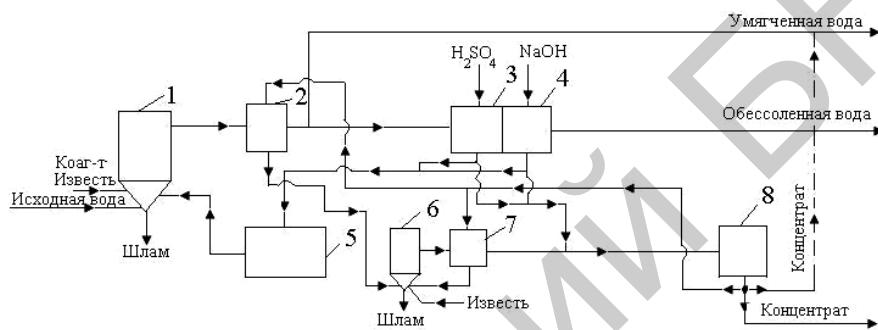


Рис. 1. Принципиальная схема осуществления технологии по комбинированной выработке химобессоленной и умягченной воды: 1 – осветитель; 2, 7 – Na-cationитный фильтр; 3 – H-ионитный фильтр; 4 – OH-ионитный фильтр; 5 – бак разбавленных растворов; 6 – реактор; 8 – концентратор

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:

- Солесодержание умягченной воды, подаваемой потребителям, поддерживается равным солесодержанию в известкованной воде.
- 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 ани-

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 на

трий- 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 $m_{\text{щ}} \approx 1$, получаем

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

где G_y и $G_{x,o}$ – производительность умягченной и химобессоленной воды, м³/ч; Na_i , $SO_{4,i}$, $Ж_{\text{н.к}}$ – концентрации соответственно натрий- и сульфат-ионов, а также некарбонатной жесткости в исходной воде; $Ш_{\text{из}}$ – щелочность известкованной воды; D_k – доза коагулянта; $A_{\text{сл.к}}$ – концентрация анионов слабых кислот, поглощенных в анионитном фильтре второй ступени, мг-экв/л.

Учитывая, что при обработке пресных вод $Ш_{\text{из}} = 1$, $D_k = 0,4$ и $A_{\text{сл.к}} = 0,4$ 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.

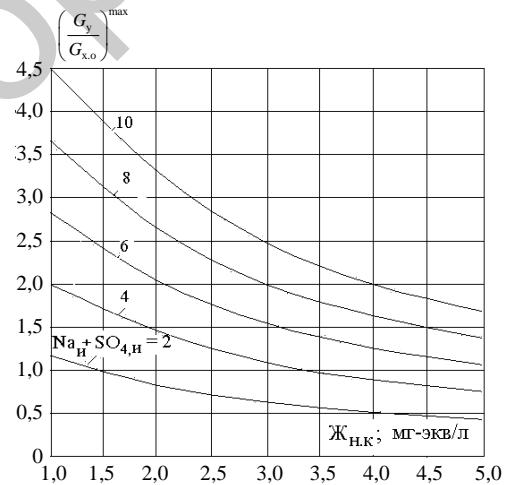


Рис. 2. Зависимость изменения максимальной относительной производительности умягченной воды от суммарной концентрации натрий- и сульфат-ионов, а также от некарбонатной жесткости в исходной воде

При исследовании второго режима работы установки, в котором солесодержание 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

$$\left(\frac{G_y}{G_{x.o}} \right)^{\min} = \frac{Na_i + m_{ш}(SO_{4,i} + Cl_i + D_k + A_{сл.к})}{Ж_i}. \quad (2)$$

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

$$\left(\frac{G_y}{G_{x.o}} \right)^{\min} = \frac{Na_i + SO_{4,i} + Cl_i + D_k + A_{сл.к}}{Ж_i}, \quad (3)$$

где Cl_i и $Ж_i$ – 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

$$S_y = \frac{(G_y + G_{x.o})Na_i + G_{x.o}(SO_{4,i} + Cl_i + D_k + A_{сл.к})m_{ш}}{G_y}. \quad (4)$$

При этом концентрации Cl^- - и SO_4^{2-} -ионов в умягченной воде определяются следующим образом:

$$Cl_y = Cl_i + (S_i - S_{из}) \frac{Cl_k}{Cl_k + SO_{4,k}}; \quad (5)$$

$$SO_{4,y} = SO_{4,i} + D_k + (S_i - S_{из}) \left(1 - \frac{Cl_k}{Cl_k + SO_{4,k}} \right), \quad (6)$$

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

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

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 химобессоленной 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. Ф е й з и е в, Г. К. Высокоэффективные методы умягчения и обессоливания воды / Г. К. Фейзиев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
2. Д ж а л и л о в, М. Ф. Химическое обессоливание воды на ТЭС сокращенными количествами реагентов и стоков / М. Ф. Джалилов. – Баку: Элм, 1996. – 150 с.
3. М е т о д и ч е с к и е указания по проектированию ТЭС с максимально сокращенными стоками / Ю. Ф. Боднарь [и др.]. – М.: ВТИ, ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, АзИСИ, 1991. – 152 с.
4. П о д г о т о в к а подпиточной воды теплосети с сокращенным расходом реагентов / М. Ф. Джалилов [и др.] // Энергетик. – 1998. – № 8. – С. 22–23.
5. Н о в а я техника и технологии, внедренные в ОАО «Татэнерго». Ресурсосберегающая технология обессоливания воды на Казанской ТЭЦ-3. http://www.tatenergo.ru/innovative_activity.jsp ОАО «ТАТЭНЕРГО», 2005.
6. F e y z i e v, 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. С п о с о б обработки стоков ионитных фильтров в процессе обессоливания и умягчения: а. с. 1265149 СССР. МКИ С 02 F 1/42 / Г. К. Фейзиев // Бюл. изобр. – 1986. – № 39.

Поступила 06.06.2008