

БЕССТОЧНЫЕ МЕТОДЫ ЧАСТИЧНОГО УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ КАТИОНИРОВАНИЕМ С БЕЗРЕАГЕНТНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ СТОКОВ

**Докт. техн. наук, проф. ФЕЙЗИЕВ Г. К., канд. техн. наук, доц. ГУСЕЙНОВА Г. Г.,
инж. ИСМАЙЛОВ Р. Т.**

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

Для умягчения исходной воды применяется Na- или H-катионирование или совместное H–Na-катионирование. Недостаток этих способов подготовки воды заключается в образовании большого количества засоленных сточных вод при регенерации катионитных фильтров раствором поваренной соли или серной кислоты. Отработанные регенерационные растворы (ОРР) загрязняют природные водоемы и тем самым наносят ущерб окружающей среде.

Поэтому с целью охраны природных водоемов эти сточные воды должны утилизироваться. Согласно известной традиционной технологии сточные воды химводоочисток подвергаются содовоизвестковой обработке в осветлителе, где основная часть ионов жесткости осаждается в виде шлама. Далее сточные воды подаются в испарители и концентрируются до 80–100 г/л. Затем концентрат подается в дожигательные аппараты, где выпаривается до сухого состояния. Захоронение сухих солей производится в водонепроницаемых могильниках. Установка очистных сооружений на базе выпарных аппаратов приводит к увеличению расчетных затрат более чем в два раза [1].

Разработанные в Азербайджанском архитектурно-строительном университете технологии бессточного умягчения воды исключают описанные выше технологические операции, снижая тем самым себестоимость умягченной воды [1]. Сущность данной технологии заключается в том, что полученные ОРР подвергаются содовоизвестковой обработке в осветлителе совместно с исходной водой. Поэтому эти технологии становятся наиболее эффективными при применении осветлителей на стадии предварительной очистки воды.

В качестве исходной для подпитки тепловых сетей в большинстве случаев используется вода из городского водопровода. Поэтому применение осветлителей в этих условиях только для осаждения ионов жесткости из обрабатываемой воды и ОРР содовоизвесткованием не всегда является целесообразным.

Для потребителей умягченной воды, не предъявляющих высоких требований к жесткости обработанной воды, в частности для подпитки теплосети, исходную воду можно частично умягчить в H-катионитных фильтрах с режимом «голодной» регенерации, что позволяет существенно снизить карбонатную жесткость воды. По этой технологии пропуск кислоты после фильтра должен отсутствовать не только при регенерации, но и при обработке воды. Расход кислоты в режиме «голодной» регенерации катионита принимается в стехиометрическом количестве. Катионитный фильтр за-

гружается полифункциональным или слабокислотным катионитом. Метод Н-катионирования с «голодной» регенерацией целесообразно применять для обработки природных вод гидрокарбонатного класса ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) [2].

На рис. 1а показана принципиальная схема Н-катионирования с режимом «голодной» регенерации Н-катионитных фильтров. Исходная вода пропускается сверху вниз через прямоточный катионитный фильтр 1, загруженный полифункциональным или слабокислотным катионитом, откуда Н-катионированная вода поступает в декарбонизатор 2, где с помощью воздуха, подаваемого вентилятором 3, из воды удаляется CO_2 и собирается в бак 4. Далее обработанная вода насосом 5 пропускается через нерегенерируемый буферный фильтр 6, загруженный сульфоуглем. Буферный фильтр предотвращает случайное попадание кислоты в обработанную воду и сглаживает щелочность фильтрата. Регенерация фильтра раствором 1–2%-й серной кислотой производится сверху вниз. Основным недостатком Н-катионирования с режимом «голодной» регенерации является образование большого количества сточных вод, содержащих концентрированные соли, состоящие из CaSO_4 , Mg_2SO_4 и Na_2SO_4 , сброс которых загрязняет водоемы.

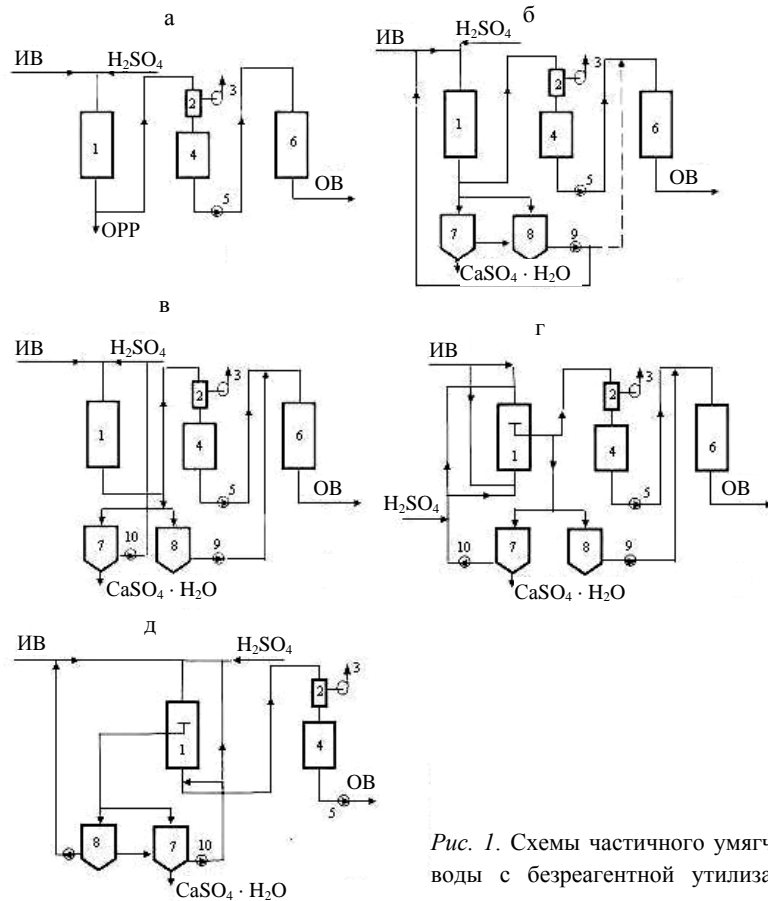


Рис. 1. Схемы частичного умягчения воды с безреагентной утилизацией стоков

На базе Н-катионирования с режимом «голодной» регенерации разработаны бессточные технологии частичного умягчения воды с безреагентной утилизацией стоков (рис. 1б–д) [1, 3].

Технологическая схема бессточной подготовки подпиточной воды теплосети для исходных вод гидрокарбонатного класса представлена на рис. 1б. Регенерация Н-катионитного фильтра и обработка исходной воды в этом случае осуществляются согласно схеме, изображенной на рис. 1а. Концентрированная часть ОРР собирается в баке 7, а разбавленная – в баке 8. В баке 7 создаются условия для осаждения основной части ионов кальция ($\beta = 70\text{--}80\%$) в виде $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. После осаждения основной части ионов кальция концентрированная часть ОРР смешивается с разбавленной частью ОРР и насосом 9 равномерно дозируется в исходную воду перед Н-катионитным фильтром. ОРР можно смешать также с обработанной водой перед буферным фильтром (в схеме показано пунктирной линией). В первом варианте выработка обработанной воды получается больше, чем во втором, однако концентрация ионов кальция в фильтрате – более высокая, чем во втором варианте. По указанным причинам в зависимости от требований, предъявляемых к качеству обработанной воды, выбирается первый или второй вариант схемы.

Среднюю концентрацию ионов кальция в фильтрате по схеме рис. 1б со смешиванием ОРР с исходной водой перед Н-катионитным фильтром можно рассчитать по формуле

$$\text{Ca}^{\text{фил}} = \frac{\eta \text{Ca}^{\text{смес}} - \text{Ca}^{\text{исх}}}{1 - \eta}, \text{ мг-экв./л}, \quad (1)$$

где $\text{Ca}^{\text{смес}}$ – концентрация ионов кальция в смеси на входе катионитного фильтра, мг-экв./л; $\text{Ca}^{\text{исх}}$ – то же в исходной воде, мг-экв./л; η – коэффициент, показывающий часть ионов кальция осаждаемой в кристаллизаторе.

Концентрацию ионов кальция, осаждаемых в кристаллизаторе, можно определить следующим образом:

$$\Sigma \text{CaSO}_{4\text{осаж}} = \eta (\text{Ca}^{\text{смес}} - \text{Ca}^{\text{фил}}), \text{ мг-экв./л}. \quad (2)$$

Снижение общего солесодержания обработанной воды рассчитаем по формуле

$$\Delta S = \text{Ca}^{\text{исх}} - \text{Ca}^{\text{фил}}, \text{ мг-экв./л}. \quad (3)$$

Выработку Н-катионитного фильтра можно существенно увеличить, если изменить второе условие режима «голодной» регенерации, которое предусматривает отсутствие кислоты в обработанной воде. При этом можно увеличить расход кислоты с сохранением стехиометрического количества, что приведет к появлению кислотности в фильтрате. Последний нейтрализуется в буферном фильтре. Таким образом полностью используется потенциальная возможность как Н-катионитного, так и буферного фильтров. При этом увеличивается значение рабочей обменной емкости катионита и повышается эффективность процесса частичного умягчения воды. За счет увеличения рабочей обменной емкости катионита уменьшается количество регенераций катионита, снижается количество одновременно регенерируемых и соответственно общее количество Н-катионитных и буферных фильтров, а также удельный расход ОРР. Таким образом, уменьшается капиталовложение на установку, повышаются компактность водо-

подготовительной установки, а следовательно, и эффективность процесса Н-катионирования.

Результаты проведенных лабораторных экспериментов показали, что рабочая обменная емкость катионита сульфуголь типа СК-1 по данной малосточной технологии по сравнению с традиционной повышается на 50–60 %.

Предел применения разработанного метода частичного Н-катионирования воды с безреагентной утилизацией стоков в основном цикле обработки воды можно существенно расширить, если концентрированную часть ОРР после осаждения основной части ионов кальция использовать для регенерации Н-катионитного фильтра. При этом происходит двухстадийная регенерация, сначала ОРР – из бака 7 (рис. 1в), затем – 3–4%-й серной кислотой. Целесообразно раствор кислоты смешивать с концентрированной частью ОРР ближе к концу его подачи в Н-катионитный фильтр. Разбавленная часть ОРР собирается в бак 8, затем насосом 9 смешивается с обработанной водой перед буферным фильтром.

Для вод негидрокарбонатного класса разработана технология, по которой сначала регенерация противоточного или двухпоточно-противоточного фильтра осуществляется раствором серной кислоты со стехиометрическим расходом, а затем по противотоку пропускается концентрированная часть ОРР, из которой предварительно осаждена основная часть ионов кальция. При этом из сильнокислотных функциональных групп полифункционального катионита вытесняется кислота и собирается в бак, а затем совместно со свежим раствором кислоты повторно используется для регенерации Н-катионитного фильтра. Эта технология повышает эффективность работы как Н-катионитного, так и буферного фильтров.

Отличительной особенностью схемы, представленной на рис. 1г, является то, что и регенерация и обработка воды осуществляются путем подачи исходной воды и регенерационного раствора сверху и снизу в двухпоточно-противоточный фильтр с отводом ОРР и обработанной воды из средней дренажной системы. При этом часовая производительность Н-катионитного фильтра повышается в два раза, а время регенерации снижается также в два раза, в результате установка получается более компактной.

Функцию Н-катионитного и буферного фильтров можно совместить в одном двухпоточно-противоточном фильтре (Н–Б), представленном на рис. 1д. Средняя дренажная система устанавливается на высоте 30–35 % от общего слоя катионита. Концентрированная часть ОРР после осаждения из нее основной части ионов кальция двумя потоками сверху и снизу подается в Н-катионитный фильтр. В верхний поток, ближе к концу подачи ОРР, добавляется также раствор серной кислоты. Таким образом, верхний слой катионита регенерируется смесью ОРР и серной кислоты, а нижний слой – только ОРР. Отработанный раствор забирается из средней дренажной системы. Концентрированная часть ОРР подается в бак 7, где из него осаждается основная часть ионов кальция, а разбавленная часть – в бак 8. Разбавленная часть ОРР смешивается с исходной водой перед Н–Б-фильтром. При этом верхний слой катионита, находящийся над средним дренажным устройством, выполняет роль Н-катионитного фильтра, а слой катионита, находящийся между средним и нижним распределительным устройст-

вом, – роль буферного фильтра, и в результате установка получается более компактной.

По разработанным технологиям из воды удаляется только основная часть ионов кальция, а ионы магния остаются в обработанной воде. Достоинством технологии является то, что в качестве реагента используется только серная кислота.

ВЫВОД

Разработаны технологические схемы бессточных методов частичного умягчения воды катионированием с безреагентной утилизацией стоков. Предложены различные варианты технологических схем частичного умягчения воды. Выбор одной из этих схем зависит от конкретных условий, и в первую очередь от состава исходной воды и от требования, предъявляемого к содержанию ионов кальция в обработанной воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фейзи́ев, Г. К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды / Г. К. Фейзи́ев. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Лапотышкíна, Н. П. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей / Н. П. Лапотышкíна, Р. П. Сазонов. – М.: Энергоиздат, 1982.
3. Спосо́б обработки подпиточной воды теплосети: а. с. 768764 СССР, МКИЗ В 013 49/00 //02В 1/40. / Г. К. Фейзи́ев, А. М. Кулиев, Э. А. Сафиев, М. Ф. Джалилов // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 48.

Представлена кафедрой
теплоснабжения и теплотехники

Поступила 24.04.2009

УДК 614.715.621.311.22

К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК МЕЖДУ КОТЛАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЯГОДУТЬЕВЫХ МАШИН

Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ В. И., студ. ТЕЛЬПУК А. С.

Белорусский национальный технический университет.

В настоящее время все шире для регулирования производительности тягодутьевых машин котлов стал использоваться частотный управляемый привод (ЧУП). Основное преимущество по сравнению со способом изменения направления потока с помощью направляющего аппарата (НА) заключается в его экономичности при нагрузках котлов в диапазоне 30–85 % $Q_{\text{ном}}$. Из-за ограниченности финансовых средств в котельных обычно частотным приводом оснащается часть котлов. В связи с этим возник вопрос,