

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСЛОВИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДКИСЛЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОСЕТИ

Системы централизованного теплоснабжения современных городов и других крупных населенных пунктов представляют собой сложные теплотехнические сооружения, устойчивая и безаварийная работа которых зависит от качества сетевой и подпиточной воды.

Как известно, основными способами подготовки подпиточной воды для теплосети являются подкисление, известкование или содо-известкование с последующим подкислением, Na-, H-, H-Na - катионирование, а также обработка воды комплексономатами. Выбор наиболее рационального из перечисленных выше способов в зависимости от конкретных условий является важной и актуальной задачей.

Представленная статья посвящена результатам технико-экономического анализа подготовки подпиточной воды теплосети посредством подкисления. При исследованиях в качестве основного экономического показателя для сравнений были взяты приведенные удельные затраты:

$$Z = C + (P_A + P_N) \cdot k_c + (\alpha + P_N) \cdot k_k, \quad (1)$$

где  $C$  – себестоимость подпиточной воды, учитывающая цены исходной воды, электроэнергии, реагентов и т.д.,  $k_c$  и  $k_k$  – капиталовложения на металлические и катионитные части оборудования,  $\alpha$  – норма годовой досыпки катионита, принимаемая равной 0,1;  $P_A$  и  $P_N$  – нормы амортизационных отчислений и нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принимаемые равными 0,105 и 0,15 соответственно.

При исследованиях в качестве исходных рассмотрены воды, имеющиеся в Азербайджане (Шолларская, Джейранбатанская, Куриинская) и шесть расчетных типов вод, принятых в СНГ, ионные составы которых приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Ионные составы вод

Ионный состав	Местные воды			Воды, принятые в СНГ					
	Шолларская	Джейран-батанская	Куриинская	I тип	II тип	III тип	IV тип	V тип	VI тип
Na+K	0,5	1,7	7,1	0,47	1,3	2,45	5,3	6,3	12,7
Ca	3,8	2,2	3,0	1,2	2,3	4,61	4,0	2,9	4,0
Mg	2,2	1,4	4,4	0,46	1,0	1,71	1,8	3,7	3,8
SO <sub>4</sub>	1,9	2,3	4,2	0,29	1,3	2,1	1,9	3,3	5,4
Cl	0,2	0,9	6,5	0,24	1,3	1,97	3,8	5,2	10,7
HCO <sub>3</sub>	4,4	2,1	3,8	1,6	2	4,7	5,4	4,4	4,4
Жесткость	6	3,6	7,4	1,66	3,3	6,32	5,8	6,6	7,8
ΣК	6,5	5,3	14,5	2,13	4,6	8,77	11,1	12,9	20,5

Для осуществления процесса самого простого из вышеперечисленных способов подготовки подпиточной воды теплосети подкисления обычно применяется относительно дешевая и легкая в использовании серная кислота. При обработке этим способом уменьшается лишь щелочность воды. Согласно требованиям, предъявляемым к качеству подпиточной воды тепловой сети [1] карбонатный индекс подпиточной воды ( $I_k = Ca_w \cdot Щ_n$ ) не должен превышать нормируемого значения, не должно происходить осаждение сульфатной накипи ( $IP_{CaSO_4} - Ca_w \cdot SO_{4,w}$ ), и щелочность обработанной воды не должна быть меньше  $0,3 \div 0,4$  мг-экв/л. Учитывая эти условия можем написать:

$$0,3 \leq Щ_n \leq \frac{I_k}{Ca_w} \quad (2)$$

Известно, что доза кислоты определяется выражением:

$$D_k = Щ_n - \frac{I_k}{Ca_w} \quad (3)$$

В этом случае концентрация  $SO_4^{2-}$ -ионов в подпиточной воде увеличивается:

$$SO_{4,w} = SO_{4,w} + D_k \quad (4)$$

Подставив в (4) значение выражения дозы кислоты (3), с учетом условия отсутствия выпадения сульфата кальция в осадок и (2), получаем математические выражения для определения области применения способа подкисления:

$$\begin{cases} 0,3 \leq Щ_n \leq \frac{I_k}{Ca_w} \\ Ca_w \cdot (SO_{4,w} + HCO_{3,w}) \leq IP_{CaSO_4} + I_k \end{cases} \quad (5)$$

где  $I_k$  - карбонатный индекс, (мг-экв/л)<sup>2</sup>;  $Щ_n$  - щелочность подпиточной воды;  $Ca_w$  -,  $SO_{4,w}$  - и  $HCO_{3,w}$  - концентрации в исходной воде соответственно кальциевой жесткости, сульфат- и бикарбонат-ионов, мг-экв/л;  $IP_{CaSO_4}$  - произведение растворимости сульфата кальция в подпиточной воде.

Полученными выражениями определены возможности применения метода подкисления при различных значениях кальциевой жесткости ( $Ca_w$ ), суммы  $SO_4^{2-}$  и  $HCO_3^-$  ионов в исходной воде при различных температурных интервалах, для различных видов тепловых сетей и разных методов нагрева воды в теплосетях. Полученные результаты графически показаны на рис. 1.

Как видно из этого рисунка, если известны расчетная температура в сети, способ нагрева сетевой воды и сам вид тепловой сети, то возможность применения обработки воды подкислением можно оценить составом исходной воды. Это позволяет определить возможность применения способа подкисления, не производя предварительные расчеты при проектировании, реконструкции и эксплуатации

водоподготовительных установок, и повысить эффективность проведенных работ.

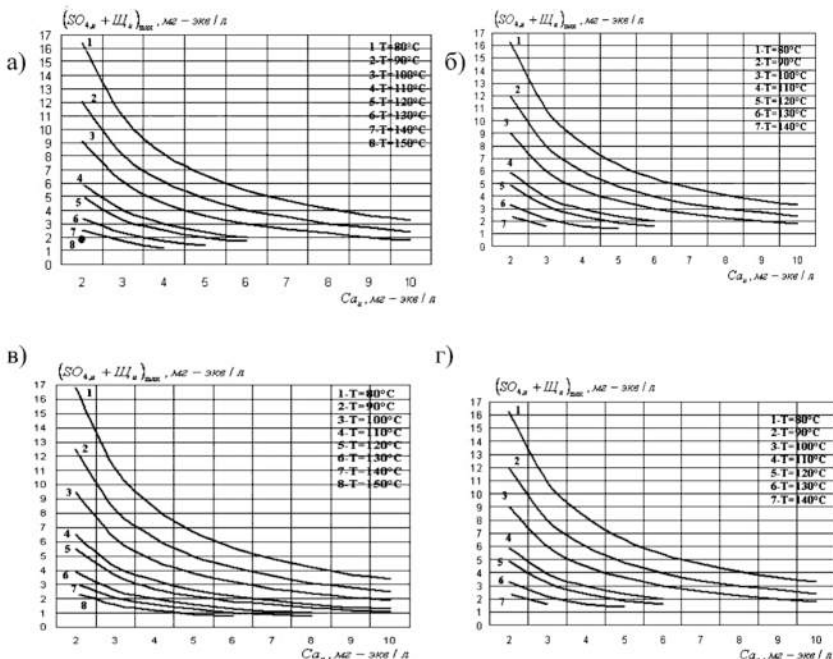


Рис. 1. Кривые возможности применения метода подкисления открытого (а; в) и закрытого (б; г) типов теплосетей с водогрейным котлом (а; б) и с сетевым подогревателем (в; г)

Технико-экономический анализ способа подкисления проведен для установок с традиционным оборудованием, работающих по общеизвестной схеме.

В результате проведенных расчетов для вод с указанными выше составами, определены области возможного применения способа подкисления в различных температурных интервалах, при нагреве сетевой воды водогрейным котлом и сетевым подогревателем, для открытой и закрытой теплосетей. В качестве примера показана возможность применения способа подкисления для теплосети открытого типа (табл. 2).

Используя вышеуказанные табличные данные для случая, когда подготовка подпиточной воды методом подкисления возможна, приведенные удельные затраты можно вычислить при помощи выражения (1), используя разработанную на языке программирования Microsoft Q Basic программу. При этом рыночные цены используемых оборудования, реагентов и материалов определены с учетом транспортных и монтажных затрат.

Таблица 2.

Возможность применения способа подкисления в открытой теплосети при обработке различных типов вод

Интервалы температуры, °С	Водогрейный котел								Сетевой подогреватель									
	Типы вод								Типы вод									
	Щ	Дж	К	1	2	3	4	5	6	Щ	Дж	К	1	2	3	4	5	6
70÷100	-	+	-	В	+	-	-	-	-	+	+	+	В	+	+	+	+	+
101÷120	-	+	-	В	+	-	-	-	-	+	+	+	В	+	+	+	+	+
121÷130	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	+	-	-	+	-
131÷140	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	+	-	-	-	-
141÷150	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	В	-	-	-	-	-

Замечание: "+" применение подкисления возможно; "-" применение подкисления невозможно из-за существующей вероятности выпадения сульфатной накипи; "В" - подача воды в тепловую сеть возможна без обработки.

Применив разработанную программу для семи производительностей установки ( $Q=10; 25; 50; 75; 100; 200; 400 \text{ м}^3/\text{час}$ ), пяти различных температурных интервалов в тепловой сети ( $t=70\div 100; 101\div 120; 121\div 130; 131\div 140$  и  $141\div 150^\circ\text{C}$ ), при использовании водогрейного котла и сетевого подогревателя, для открытой и закрытой теплосети можно рассчитывать затраты на металлические части оборудования (насосы, баки, фильтры, осветлители и т.д.), на катиониты и реагенты, на исходную воду и электроэнергию, определяя в итоге удельные затраты для выработки  $1 \text{ м}^3$  подпиточной воды.

По результатам расчетов построены гистограммы, показывающие изменения приведенных удельных затрат в зависимости от производительности водоподготовительной установки с учетом основных технологических параметров в температурном интервале  $t=70\div 100^\circ\text{C}$  в открытой теплосети с водогрейным котлом при обработке воды второго типа (рис. 3). Как видно из этого рисунка, с повышением производительности удельные приведенные затраты, как и заранее предполагалось, уменьшаются.

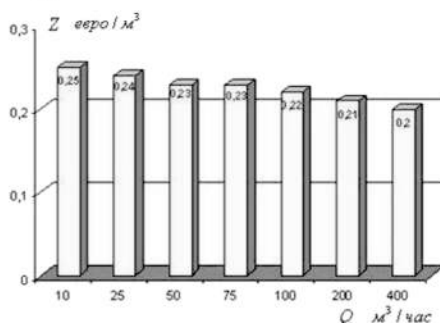


Рис. 3. Изменение приведенных удельных затрат в зависимости от производительности установки подготовки подпиточной воды подкислением, для теплосети открытого типа с водогрейным котлом при температурном интервале  $70\div 100^\circ\text{C}$  использованием воды второго типа

Используя эти данные предварительно можно оценить экономическую эффективность применения подкисления для подготовки подпиточной воды теплосети.

#### *Выводы.*

1. Определены условия возможного применения подкисления для подготовки подпиточной воды теплосети.
2. Разработана программа (алгоритм) на языке программирования Microsoft QBasic для вычисления удельных приведенных затрат в зависимости от состава исходной воды, от типа системы теплоснабжения (открытая или закрытая), от типа установленного теплового оборудования (водогрейный котел или сетевой подогреватель), от температуры нагрева сетевой воды в интервале 70 - 150°C и от производительности установки (10-400 м<sup>3</sup>/час) при подготовке подпиточной воды теплосети подкислением.
3. В качестве примера представлена гистограмма изменения приведенных удельных затрат в зависимости от производительности установки подготовки подпиточной воды подкислением, для теплосети открытого типа с водогрейным котлом в температурном интервале 70÷100°C использованием воды второго типа.

#### **Список литературы**

1. Фейзиев Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 192 с.
2. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. -М.: Издательство МЭИ, 2003.-309с.
3. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник/ Ю.М.Кострикин, Н.А.Мещерский, О.В.Коровина. -М.: Энергоатомиздат, 1990.- 254с.