РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Суслова С.А., Штыркина Т.В., Горшкова И.С.

Автоматизированный расчет и сравнительный анализ технологических показателей воды

Липецкий государственный технический университет
(Россия, Липецк)

doi: 10.18411/sr-10-02-2020-04

idsp: sciencerussia-10-02-2020-04

Аннотация

В работе представлен расчет технологических показателей проб воды, взятых из разных источников, и сравнение этих показателей до и после очистки. Автоматизированный расчет и анализ выполнены с помощью программного обеспечения MS EXCEL. По результатам расчетов построена сравнительная диаграмма, которая позволяет наглядно сравнить показатели воды до и после очистки.

Ключевые слова: автоматизированный расчет, показатели воды, сравнительная характеристика.

Целью данной работы является расчет технологических показателей воды из разных источников и сравнение этих показателей до и после очистки.

Паровые котлы – это комплекс технологического взаимосвязанного оборудования, установленного для выработки пара из воды, используемого в различных отраслях: энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство, металлургия, нефтехимия, медицина и строительство.

Качество воды, заливаемой в котел, оказывает непосредственное влияние на надежность и эксплуатационный срок каждой котельной установки. По этой причине выдвигаются особые требования к котловой воде, чтобы снизить риск поломки дорогостоящего оборудования и обеспечить максимально надежную работу.

Котловая вода должна отвечать четырем основным требованиям, чтобы обеспечить качественную работу котла:

1. Жесткость воды не должна превышать 2 мг – экв/л;
2. Значение pH должно быть не ниже 9;
3. Вода должна быть фосфатирована;
4. Не должна содержать излишки кислорода.

Требования, предъявляемые к добавочной воде для паровых котлов, могут меняться и зависят от рабочего давления котла, качества сжигаемого топлива, особенностей конструкции котла.

Любая вода, перед тем как попасть в котел, должна, в зависимости от исходных показателей, пройти несколько этапов очистки. Обработка питательной воды обычно состоит из двух этапов:

1. Предварительная очистка воды проводится для удаления грубодисперсных и коллоидных примесей.
2. Умягчение или частичное химическое обессоливание обеспечивают снижение жесткости, солесодержания и щелочности воды.

От исходных показателей воды зависят параметры водоподготовительной установки, которая предназначена для умягчения и частичного химического обессоливания воды заданного состава.

Приведём расчет технологических показателей воды из разных источников и сравнение этих показателей до и после очистки. Образцы проб воды, подлежащие исследованию, приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные

Источник	Место отбора пробы	Содержание ионов и оксидов, мг/л				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
р. Воронеж	г. Липецк	72,2	17,4	280,6	33,5	10
р. Дон	г. Задонск	53,9	29,4	293,5	48,2	5
р. Дон	г. Ростов-на-Дону	13,4	2,5	42,7	4,2	3

Автоматизированный расчет и анализ технологических показателей воды выполним с помощью программного обеспечения MS EXCEL. Это позволит значительно сократить рутинные расчеты, повысить точность вычислений и визуально представить результаты сравнительного анализа различных проб воды.

Первым этапом является проверка соблюдения правила электронейтральности:

$$\sum_{K=1}^n C_{Km} = \sum_{A=1}^n C_{An},$$

где C_{Km} , C_{An} – эквивалентные концентрации катионов и анионов.

Для этого определим величину ошибки x по формуле:

$$x = \frac{\sum C_{Km} - \sum C_{An}}{\sum C_{Km} + \sum C_{An}} * 100\%.$$

Если ошибка не будет превышать 1%, то химический состав воды определен верно.

Рассчитаем эквивалентные концентрации ионов:

$$C_{\text{э}} = \frac{C_{\text{об}}}{\text{э}},$$

где $C_{\text{об}}$ – объемная концентрация, мг/л. Для этого сначала найдём эквивалент каждого иона по формуле $\text{э} = \frac{M}{n}$, где M – молярная масса иона, г/моль, n – валентность иона.

На рабочий лист введём формулы для расчёта показателей (рис. 1). В ячейке D2 рассчитаем эквивалент иона Ca: =B2/C2.

D2		fx		=B2/C2	
	A	B	C	D	
	Название иона	Молярная масса(M)	Валентность (n)	Эквивалент (э)	
1					
2	Ca+	40	2	20	
3	Mg	24,3	2	12,15	
4	HCO3	61	1	61	
5	SO4	96	2	48	
6	Cl	35,5	1	35,5	

Рисунок 1– Расчет эквивалента ионов

После копирования формулы в диапазон ячеек D3:D6, автоматически происходит расчет эквивалента оставшихся ионов.

Далее рассчитаем показатели эквивалентных концентраций $C_{\text{э}1}$, $C_{\text{э}2}$, $C_{\text{э}3}$ для каждой отобранной пробы (рис.2). Для этого используем значение $C_{\text{об}}$ из таблицы исходных данных и рассчитываем, используя в качестве базовых формулы:

- в ячейке F2: = B2/E2;
- в ячейке G2: = C2/E2;
- в ячейке H2: = D2/E2.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
	Название иона	Объемная конц. (C _{об1})	Объемная конц. (C _{об2})	Объемная конц. (C _{об3})	Эквив. лент (Э)	Эквив. конц. (C _{э1})	Эквив. конц. (C _{э2})	Эквив. конц. (C _{э3})
1								
2	Ca ⁺	72,2	53,9	13,4	20	3,61	2,70	0,67
3	Mg ⁺	17,4	29,4	2,5	12,15	1,43	2,42	0,21
4	HCO ₃ ⁻	280,6	293,5	42,7	61	4,60	4,81	0,70
5	SO ₄ ⁻	33,5	48,2	4,2	48	0,70	1,00	0,09
6	Cl ⁻	10	5	3	35,5	0,28	0,14	0,08

Рисунок 2 – Расчет эквивалентных концентраций

Для того чтобы проверить соблюдается ли правило электронейтральности для каждой пробы воды, применяем следующие формулы для расчёта ошибки измерения X₁, X₂, X₃ (рис.3):

E2		= (ABS(СУММ(B2:B3)-СУММ(B4:B6)))/(СУММ(B2:B3)+СУММ(B4:B6))*100						
	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
	Название иона	Эквив. конц. (C _{э1})	Эквив. конц. (C _{э2})	Эквив. конц. (C _{э3})	X ₁	X ₂	X ₃	
1								
2	Ca	3,61	2,70	0,67	5,06	7,60	0,21	
3	Mg	1,43	2,42	0,21				
4	HCO ₃	4,60	4,81	0,70				
5	SO ₄	0,70	1,00	0,09				
6	Cl	0,28	0,14	0,08				
7								
8								

Рисунок 3 – Расчет ошибки измерения

- в ячейке E2:
=(ABS(СУММ(B2:B3)-СУММ(B4:B6)))/(СУММ(B2:B3)+СУММ(B4:B6))*100;
- в ячейке F2:
=(ABS(СУММ(C2:C3)-СУММ(C4:C6)))/(СУММ(C2:C3)+СУММ(C4:C6))*100;
- в ячейке G2:
=(ABS(СУММ(D2:D3)-СУММ(D4:D6)))/(СУММ(D2:D3)+СУММ(D4:D6))*100.

Как видно из результатов расчетов, ошибка первых двух проб X₁ и X₂ превышает 1%. Следовательно, мы можем судить о том, что химический анализ воды был произведен неправильно и следует его повторить.

Для пробы, у которой правило электронейтральности соблюдается, то есть значение X₃=0,21 – определим технологические показатели качества воды.

Аналитическая общая жесткость воды Ж₀^{исх} (мг – экв/л) вычисляется в ячейке C2: = СУММ (B2:B3).

Общая щелочность Ш₀ равна: Ш₀^{исх} = C_{HCO₃⁻}^{исх} = 0,7 мг – экв/л.

Карбонатная жесткость Жк: т.к. Ш₀ < Ж₀, то

$$C_{HCO_3}^{исх} = Ж_{к}^{исх} = Ш_0^{исх} = 0,7 \text{ мг – экв/л.}$$

Некарбонатная жесткость Ж_{нк}^{исх} рассчитывается в ячейке F2: = C2–D2.

Солесодержание исходной воды C/C, мг/л в ячейке H2:

$$= \text{СУММ (G2:G3)+СУММ (G4:G6)}.$$

Исходное содержание CO₂^{исх} определяем по формуле в ячейке I2:

$$= 0,268*(D2)^{1/3}.$$

Результаты вычислений технологических показателей пробы воды до очистки представлены на рисунке 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Название иона	C _{зз}	Ж (общ.)	Щ (общ.)	Ж (карб.)	Ж (некарб.)	Соб 3	C/C	C (CO ₂)
1									
2	Ca	0,67	0,88	0,7	0,7	0,18	13,4	65,8	0,09
3	Mg	0,21					2,5		
4	HCO ₃	0,70					42,7		
5	SO ₄	0,09					4,2		
6	Cl	0,08					3		

Рисунок 4 – Расчет технологических показателей пробы воды до очистки

При выборе схемы очистки воды необходимо иметь в виду, что известкование применяется при обработке воды с $Жк \geq 2$ мг – экв/л. Так как по результатам расчета $Ж_{киск} = 0,7 \frac{\text{мг-экв}}{\text{дм}^3}$, то известкование воды в данном случае не применяется.

Рассмотрим очистку воды коагуляцией в осветлителях, фильтрование на осветительных фильтрах. В качестве коагулянта используется сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$.

Рассчитаем показатели качества коагулированной воды.

Жёсткость воды $Ж^{коаг}$:

$$Ж^{коаг} = Ж(карб.) - D_k \left(\text{мг} - \frac{\text{экв}}{\text{дм}^3} \right),$$

где D_k – доза коагулянта, принимаем $D_k = 0,5 \frac{\text{мг-экв}}{\text{дм}^3}$ (ячейка J2).

Вычисляем значение жесткости в ячейке K2: = E2-J2.

Значение Ж (некарб. коаг.) = $Ж(карб.) + D_k \left(\text{мг} - \frac{\text{экв}}{\text{дм}^3} \right)$ рассчитывается в ячейке L2: = F2+J2.

Щелочность остаточная $Щ_0^{коаг} \left(\frac{\text{мг-экв}}{\text{дм}^3} \right)$:

$$Щ_0^{коаг} = C_{HCO_2} = Ж^{коаг} = 0,2 \frac{\text{мг-экв}}{\text{дм}^3}.$$

Концентрацию $C(CO_2)_{коаг}$, мг/л получаем в N2: = H2+44*J2.

Результаты расчетов технологических показателей пробы воды после очистки показаны на рис.5.

	J	K	L	M	N	O
	D _k	Ж(карб.коаг.)	Ж(некарб.коаг.)	Щ (общ. коаг)	C(CO ₂)	
1						
2	0,5	0,2	0,68	0,2	22,09	
3						
4						

Рисунок 5 – Расчет технологических показателей пробы воды после очистки

Рисунок 6 – Диаграмма сравнения показателей воды

Для сравнения технологических показателей воды до и после очистки по результатам расчётов построим диаграмму (рис. 6).

В результате работы был произведен расчет технологических показателей воды из разных источников. На диаграмме сравнения видно, что после очистки общая щелочность и карбонатная жесткость уменьшились в несколько раз, следовательно, вода стала более пригодна для использования в паровых котлах.

1. Методические указания к расчетному заданию по курсу «Водоподготовка и водно-солевые режимы энергетических установок», Шацких Ю.В., Липецк, ЛГТУ, 2005 г.
2. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. М., Энергоатомиздат, 1991 г.
3. Лившиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. М., «Энергия», 1976 г.

Чернышов Б.А., Чопоров О.Н.

**Рейтинговое управление повышением конкурентоспособности объектов
организационных систем на основе оптимизации ресурсной поддержки**

*АНОО ВО Воронежский институт высоких технологий
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/sr-10-02-2020-05

idsp: sciencerussia-10-02-2020-05

Аннотация

Рассматриваются механизмы и модели рейтингового управления, направленного на оптимальное распределение ресурсного обеспечения объектом организационных систем. Одним из основных критериев эффективности рейтингового управления является обеспечение конкурентоспособности объектов-лидеров среди аналогичных объектов. Особо значимым в решении этой проблемы является управление продвижением российских научно-образовательных центров на международном уровне. Предложена схема оптимизации рейтингового управления в группе объектов-лидеров с учетом динамики изменения их состояния. Основой распределения обеспечения является разделение объектов на три группы с восходящим, ускоренно инерционным и умеренно инерционным трендами развития.

Ключевые слова: рейтинговое управление, организационная система, конкурентоспособность, ресурсное обеспечение, оптимизация.

Abstract

The article deals with some approaches and models of ranking management, aimed at the optimal distribution of resource maintenance for the objects of organizational systems. One of the essential criteria of the ranking management effectiveness is to ensure the competitiveness for leaders among the similar leaders. The major thing in solving this problem is managing the promotion of Russian research and educational centres at the international level. The authors offer a block diagram of the ranking management optimization in a group of leaders based on the evolution of their status. The basis for the distribution of resource maintenance is the division of the objects into three groups with upward, accelerated inertial and moderately inertial development trends.

Keywords: ranking management, organizational system, competitiveness, resource maintenance, optimization.

В работе рассматривается класс организационных систем социально-экономической направленности (образование, здравоохранение, банковский сектор,