

УДК 669.162.252:628.179.2**С.И. ЭПШТЕЙН**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,**З.С. МУЗЫКИНА**, канд. техн. наук, ученый секретарь, **М.А. БЛАЖКО**, младший научный сотрудник,**Ю.А. ШЛЯХОВА**, младший научный сотрудник, **Я.А. ЧЕПРАКОВА**, младший научный сотрудник

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ОБОРОТНОГО ЦИКЛА ГАЗООЧИСТОК ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ МЕТКОМБИНАТА «АЗОВСТАЛЬ» НА МОРСКОЙ ВОДЕ

Разработаны технические решения по созданию оборотного цикла газоочисток доменных печей ПАО «МК «Азовсталь» с целью прекращения сброса взвешенных веществ в шламонакопитель и далее в Азовское море. Проведены исследования по выбору коагулянтов и флокулянтов, обеспечивающих необходимую степень осветления воды с повышенным содержанием. Выполнен прогноз химсостава воды, циркулирующей в оборотном цикле, при ее различных расходах и подпитке морской водой. Разработана технологическая схема очистки продувочной воды, а также сгущения и обезвоживания шлама.

Ключевые слова: оборотный цикл, газоочистка доменных печей, флокулянты, флокуляторы, прогнозирование химсостава воды.

В настоящее время значительная часть производств ПАО «МК «Азовсталь» работает на морской воде в прямом режиме, т.е. использованная морская вода через шламонакопитель возвращается в Азовское море. К основным потребителям, работающим по системе прямого водоснабжения и сбрасывающим воду в шламонакопитель и далее в Азовское море, относятся доменные печи (на их охлаждение расходуется 5 тыс. м³/час морской воды), газоочистки доменных печей (около 6 тыс. м³/час) и прокатные станы (расход на охлаждение их оборудования составляет около 13 тыс. м³/час). Туда же сбрасывается и часть шламовой пульпы из оборотного цикла газоочисток конвертеров. Ее объем составляет не более 2 % от общего сброса, однако эта пульпа содержит значительное количество мелкодисперсных взвешенных веществ – пыли, улавливаемой в газоочистках конвертеров. В сутки в шламонакопитель поступает около 100 т взвешенных веществ со шламовой пульпой и до 480 т – со сточными водами газоочисток доменных печей. Большая часть этой взвеси задерживается в шламонакопителе.

Содержание взвешенных веществ в воде, поступающей из шламонакопителя в Азовское море, составляет 30–40 мг/дм³. Так как взвесь придает окрас воде, при выпуске такой воды из шламонакопителя в море она выглядит сверху, как шлейф темного цвета.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» по предложению ПАО «МК «Азовсталь» рассмотрены различные вариан-

ты решения этой проблемы. В результате предложено прекратить сброс шламовой пульпы из оборотного цикла газоочисток конвертеров и создать оборотный цикл газоочисток доменных печей для предотвращения сброса их сточных вод.

В разработанных нами технических решениях принята стандартная схема оборотного цикла (рис. 1). Загрязненная вода подается на отстойные сооружения (в данном случае – тонкослойные флокуляторы), а осветленная – на газоочистку. Шламовая пульпа после флокуляторов направляется на сгустители, откуда шлам поступает для обезвоживания на дисковые вакуум-фильтры. (Приняты именно они, а не фильтр-прессов, так как вакуум-фильтры, в отличие от фильтр-прессов, обеспечивают непрерывность процесса; кроме того, они больше подходят для обезвоживания доменного шлама, который представлен более крупными частицами, чем шлам газоочисток конвертеров.) Кек после вакуум-фильтров отправляется на аглофабрику.

Существенно новым в данном проекте было то, что оборотный цикл предполагалось создать на морской воде. В связи с этим возникла необходимость в проведении специальных исследований.

Одна из основных технологических проблем при разработке технических решений заключалась в отсутствии данных о степени осаждения взвешенных веществ в морской воде и об эффективности действия

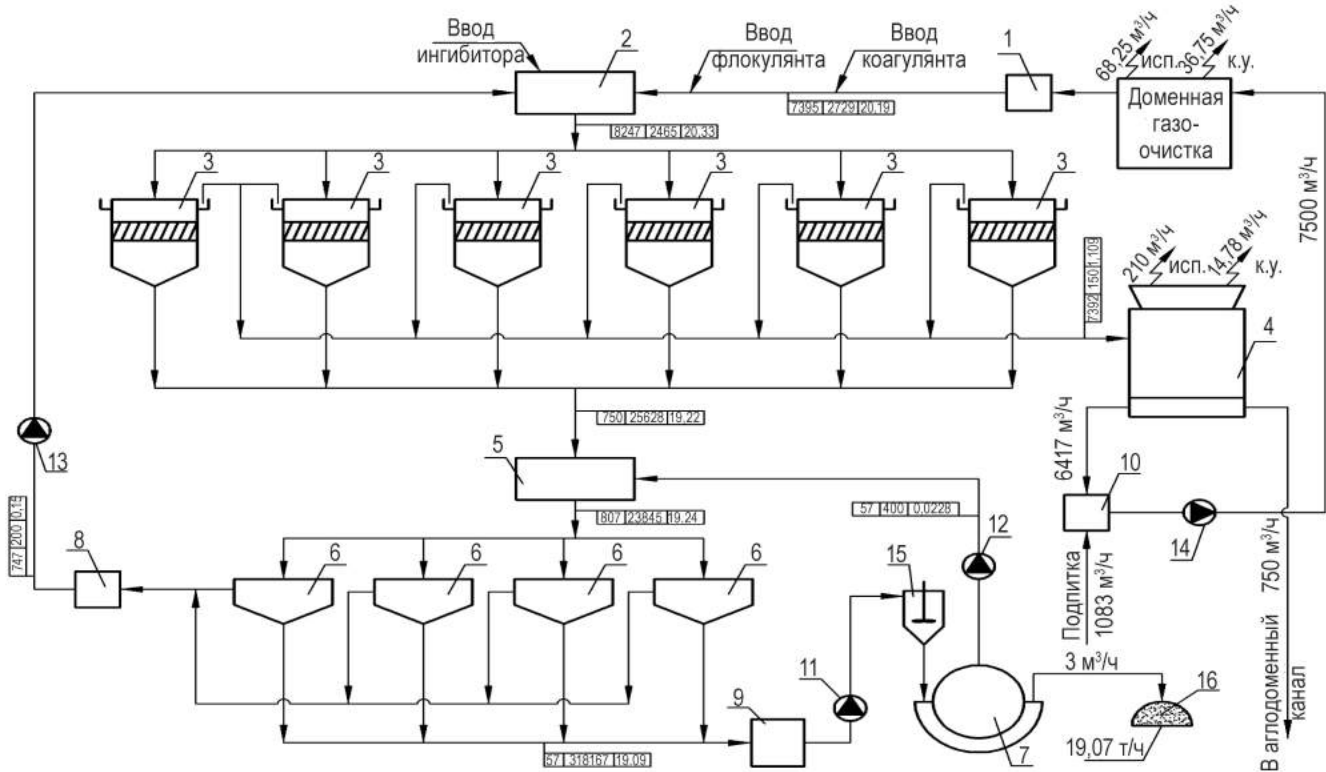


Рисунок 1 – Принципиально-балансовая схема очистки сточных вод газоочисток доменного производства:

$V | q | m$ – расход, м³/час; количество взвешенных, мг/дм³; масса твердого, т/час; исп. – испарение; к.у. – каплеунос;

- 1 – пять шламовых насосных станций; 2 – распределительная камера флокуляторов; 3 – флокуляторы (d = 12 м);
 4 – градирни трехсекционные; 5 – распределительная камера сгустителей; 6 – сгустители (d = 18 м); 7 – вакуум-фильтр;
 8 – приемная камера осветленной воды после сгустителей; 9 – приемная камера сгущенного шлама после сгустителей;
 10 – приемная камера охлажденной и осветленной вод; 11 – группа шламовых насосов; 12 – группа насосов фильтрата;
 13 – группа насосов осветленной воды; 14 – группа насосов охлажденной воды; 15 – промежуточная емкость; 16 – кек (φ ≈ 30 %)

в ней флокулянтов. Анион-активные флокулянты, которые априори могли быть использованы для улучшения осаждения взвеси, имеют в своей основе полиакрилаты натрия. В результате диссоциации в молекуле флокулянта образуются отрицательно заряженные звенья, которыми она «цепляется» к разным частицам взвеси, связывая их во флокулы (т.е. происходит флокуляция). Если в воде много ионов натрия (как, например, в морской), это может подавить диссоциацию молекул ПАА, вследствие чего отрицательно заряженных групп в молекуле окажется меньше, и флокуляционная способность будет утеряна.

Исходя из этого на реальной сточной воде газоочисток доменных печей ПАО «МК «Азовсталь» изучалось осаждение взвешенных веществ при отсутствии реагентной обработки, а также при добавлении в воду коагулянтов, флокулянтов и ингибиторов накипеобразования. В качестве коагулянтов использовали реагенты PuroTech RO-510 и RO-520, выпускаемые отечественным предприятием «Технохимреагент» (г. Запорожье), а в качестве флокулянтов – PuroFlock-920 и PuroFlock-1011 того же производителя. В качестве ингибиторов исполь-

зовали PuroTech-110 («Технохимреагент») и «КИСК-1» (ОАО «НИТОН», г. Екатеринбург, Российская Федерация).

Сначала были проведены исследования по осветлению сточных вод с использованием одних только флокулянтов. Результаты этих исследований приведены в табл. 1. Они показывают, что наиболее высокий эффект осветления наблюдается при использовании флокулянта PuroFlock-920. Уже после первой минуты отстаивания, соответствующей охватывающей скорости 1,66 мм/с = 6 м³/час, содержание взвешенных веществ в воде становится ниже 150 мг/дм³.

Тот факт, что наиболее эффективным оказался катион-активный флокулянт PuroFlock-920, не является неожиданным. Еще в исследованиях [1] было установлено, что частицы взвешенных веществ в сточных водах газоочисток доменных печей обладают отрицательным зарядом, вследствие чего эффективность осветления этих вод при использовании одного только анион-активного флокулянта (гидролизованного полиакриламида) невысокая.

Применение ингибиторов накипеобразования может снизить эффективность осветления воды при отстаивании, что наблюдалось в экспериментах

Таблица 1 – Результаты осветления сточных вод с использованием флокулянтов

Время отстаивания, мин	Содержание взвешенных веществ в воде после отстаивания при различных режимах обработки, мг/дм ³							
	без реагентной обработки			среднее	с обработкой флокулянтам			
					PuroFlock-1011 (1 г/дм ³)	PuroFlock-920 (1 г/дм ³)		
0 (исходное)	1562,5	2515,5	3660,5	2579,5	1562,5	3660,5	1562,5	3660,5
1	721,5	926,5	1282	977	314	272	134	95
3	411	613,5	573,5	532,5	209	118,5	94	78,5
5	321	473,5	333	376	152	101,5	53	63
10	–	–	277	277	–	–	–	–

по отстаиванию сточных вод газоочисток конвертеров [2, 3] и при осветлении сточных вод газоочисток доменных печей.

На основании данных о содержании взвешенных веществ после второй минуты отстаивания можно сделать вывод о том, что применение реагентов «КИСК-1» или PuroTech-110 (столбцы 2 и 3 табл. 2) снижает эффективность осветления, а использование флокулянта PuroFlock-920 и коагулянта PuroTech RO-510 повышает ее, давая возможность уменьшить содержание взвешенных веществ в воде до 150 мг/дм³ и ниже.

В табл. 3 приведены данные по осветлению воды с использованием коагулянта на основе оксихлорида железа (PuroTech RO-520) в сочетании с различными флокулянтами и ингибиторами.

Из приведенных данных следует, что и при использовании коагулянта PuroTech-520 флокулянт PuroFlock-920 более эффективен, чем PuroFlock-1011.

В проведенных экспериментах (табл. 1, 2, 3) доза флокулянта составляла 1,0 мг/дм³, однако оптимальная доза, возможно, значительно меньше. Так, в ПАО «ЕМЗ» при обработке сточных вод газоочисток доменных печей доза флокулянта равна 0,23 мг/дм³, коагулянта – 4,8 мг/дм³, ингибитора – 1,87 мг/дм³. Необходимые дозы реагентов (более низкие, чем рекомендуется в данных технических решениях) могут быть установлены только в ходе пуско-наладочных и экспериментально-наладочных работ.

Итак, проведенные исследования показали, что для обработки воды следует использовать катион-активный флокулянт PuroFlock-920 и какой-либо коагулянт. По результатам предварительных исследований можно заключить, что более эффективным из рассмотренных коагулянтов является PuroTech RO-510, содержащий алюминий. Вместе с тем известно [4], что образующийся в результате гидролиза гидроксид алюминия придает осадку гелеобразные свойства и затрудняет его обезвоживание на вакуум-фильтрах (именно по этой причине на меткомбинате «Запорожсталь» отказались от применения сернокислого алюминия в оборотном цикле газоочисток доменных печей). Таким образом, не исключено, что в процессе эксплуатации предпочтение будет отдано реагенту PuroTech RO-520.

Таблица 3 – Определение эффективности осаждения взвешенных веществ при использовании коагулянта на основе PuroTech-520 с различными флокулянтами и ингибиторами

Ингибитор	Флокулянт	
	PuroFlock-920	PuroFlock-1011
	Количество взвешенных веществ, мг/л (время отстаивания – 2 мин)	
Исходное	2937	
«КИСК-1»	163,5	330,5
PuroTech-110	124	243

Таблица 2 – Содержание взвешенных веществ в воде при различных режимах обработки в зависимости от времени отстаивания

Время отстаивания, мин	Количество взвешенных веществ, мг/л			
	Без реагентов	«КИСК-1»	«КИСК-1» + PuroFlock-920	«КИСК-1» + PuroFlock-920 + PuroTech RO-510
0 (исходное)	3021			
1	–	821	114,8	89,7
2	495	810	99,4	86
3	–	553	76	70
	Без реагентов	PuroTech-110	PuroTech-110 + PuroFlock-920	PuroTech-110 + PuroFlock-920 + PuroTech RO-510
0 (исходное)	2937			
1	–	1134	172	97
2	643	933	161	67



Чтобы оценить влияние солесодержания на эффективность действия флокулянтов, были проведены дополнительные лабораторные исследования. В первой серии экспериментов максимальное солесодержание составило 11 г/дм^3 (табл. 4), а во второй – 18 г/дм^3 . Поскольку в качестве взвешенных веществ использовался мел, эффективность осветления была ниже, чем при отстаивании сточных вод газоочисток доменных печей. Однако, как следует из приведенных в табл. 4 экспериментальных данных, увеличение солесодержания отражается на эффективности действия коагулянтов и флокулянтов в незначительной степени, т.е. эффективность осветления при их использовании практически не зависит от солесодержания.

На основании результатов исследований по кинетике выпадения взвешенных веществ определено необходимое количество флокуляторов. Скорость осаждения взвешенных веществ при обработке воды коагулянтом и флокулянтом была принята равной $4,5 \text{ м/час}$. Необходимая площадь отстаивания (с учетом коэффициента использования для тонкослойных отстойников, равного $0,65$) – 2500 м^2 . Поскольку площадь проекции пластин в тонкослойном флокуляторе составляет примерно 400 м^2 , необходимое количество флокуляторов равно

$$2500 : 400 = 6,25, \text{ шт.}$$

По результатам расчетов принято к установке шесть рабочих тонкослойных флокуляторов диаметром 12 м и один резервный. Количество сгустителей и вакуум-фильтров

определено в соответствии с работой [5], с учетом опыта работы оборотных циклов газоочисток доменных печей и конвертеров на комбинатах «Запорожсталь» и «Азовсталь».

Для решения вопроса о возможности создания оборотного цикла на морской воде требовалось осуществить прогноз солесодержания в оборотной воде. С этой целью были определены приросты основных солеобразующих компонентов, переходящих в воду из газа (табл. 5).

Представленные в табл. 5 данные свидетельствуют о значительном приросте сульфатов и хлоридов, а также щелочности и жесткости.

Содержание компонентов в оборотной воде рассчитывали по приближенной формуле

$$C_{об} = C_{исх} \cdot \frac{Q_{исп} + Q_{к} + Q_{прод}}{Q_{к} + Q_{прод}} + \frac{Q_{об}}{Q_{к} + Q_{прод}} \cdot \Delta C_{прир}, \quad (1)$$

где $Q_{об}$ – расход оборотной воды, $\text{м}^3/\text{час}$;

$Q_{исп}$ – потери воды на испарение, $\text{м}^3/\text{час}$;

$Q_{к}$ – потери воды с каплеуносом, $\text{м}^3/\text{час}$;

$Q_{прод}$ – расход продувочной воды (потери воды в виде капельной влаги), $\text{м}^3/\text{час}$;

$C_{исх}, C_{об}$ – концентрации компонента в подпиточной и оборотной воде соответственно, $\text{г}/(\text{м}^3 \cdot \text{час})$;

$\Delta C_{прир}$ – прирост концентрации компонента в оборотной воде после контакта с газом, $\text{г}/(\text{м}^3 \cdot \text{час})$.

Содержание основных компонентов в оборотной воде $C_{об}$ представлено в табл. 6. Определение величин щелочности и жесткости выполнено в предположении, что не образуется твердая фаза (CaCO_3).

Таблица 4 – Эффективность осветления суспензии ($C_{исх} = 4 \text{ г/дм}^3$) при различном солесодержании

Наименование	Количество, г/дм^3	Содержание взвешенных веществ в различных экспериментах, г/дм^3				
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	среднее
Холостая:						
Солесодержание	0					
Ингибитор «КИСК-1»	2	0,242	0,492	0,309	0,358	0,350
Флокулянт PF-920	1					
Mg^{2+}	240					
SO_4^{2-}	960					
Na^+	1380					
Ca^{2+}	300	0,389	0,479	0,365	0,401	0,409
Cl^-	2600					
Солесодержание	5540					
Ингибитор «КИСК-1»	2					
Флокулянт PF-920	1					
Mg^{2+}	480					
SO_4^{2-}	1920					
Na^+	2760					
Ca^{2+}	600	0,295	0,446	0,329	0,382	0,363
Cl^-	5320					
Солесодержание	11080					
Ингибитор «КИСК-1»	2					
Флокулянт PF-920	1					

Таблица 5 – Химсостав воды, подаваемой на газоочистку доменных печей, и воды после газоочистки

Наименование компонента	Единица измерения	Усредненный состав воды, подаваемой на газоочистку ($C_{\text{вх}}$)	Усредненный состав воды на выходе из газоочистки ($C_{\text{вых}}$)	Прирост компонента ($C_{\text{прир}} = C_{\text{вых}} - C_{\text{вх}}$)
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	31,5	35,7	4,2
Минерализация	мг/дм ³	7418	7950	532
Взвешенные вещества	мг/дм ³	83,5	3813	3730
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,585	–	–
Нитриты	мг/дм ³	0,118	–	–
Нитраты	мг/дм ³	2,95	–	–
Хлориды	мг/дм ³	4433	4542	109
Сульфаты	мг/дм ³	1260	1341	81
Фосфаты	мг/дм ³	1,06	–	–
Железо	мг/дм ³	0,197	–	–
Щелочность общая	мг-экв/дм ³	3,6	6,2	2,6

Таблица 6 – Содержание основных компонентов в оборотной воде при подпитке морской водой без образования CaCO₃

Наименование компонента	Единица измерения	Концентрация в оборотной воде (ориентировочно) при продувочных расходах		
		600 м ³ /час	750 м ³ /час	900 м ³ /час
Хлориды	г/м ³	5741	5523	5338
Сульфаты	г/м ³	2232	2070	1932
Щелочность общая	г-экв/м ³	34,8	29,6	25,2
Жесткость общая	г-экв/м ³	81,9	73,5	66,4
Солесодержание	г/м ³	13802	12468	11834

Однако, как показывает опыт эксплуатации оборотного цикла газоочисток доменных печей на меткомбинате «Запорожсталь», за счет образования карбоната кальция (в виде твердой фазы) содержание кальция и щелочность могут снизиться. Химсостав оборотной воды при различных величинах продувки с учетом образования CaCO₃ приведен в табл. 7.

В ходе разработки технических решений меткомбинатом «Азовсталь» поднимался вопрос о возможности создания бессточной системы водоснабжения газоочисток доменных печей, т.е. исключения продувки. Однако солесодержание в оборотном цикле без продувки значительно возрастет, при этом потери воды в виде капельной влаги составят всего 54,5 м³.

Определим ожидаемые концентрации солеобразующих компонентов. Ожидаемая концентрация хлоридов

$$(\text{Cl}^-) = 4433 \cdot 332 + 109 \cdot 7500/54,5 = 42005, \text{ мг/дм}^3.$$

Ожидаемая концентрация сульфатов

$$(\text{SO}_4^{2-}) = 1260 \cdot 332 + 81 \cdot 7500/54,5 = 18822, \text{ мг/дм}^3.$$

В приведенных вычислениях 4433 и 1260 – содержание соответственно хлоридов и сульфатов в морской воде (мг/дм³), 109 и 81 – технологический прирост соответственно хлоридов и сульфатов после газоочистки (мг/дм³), 7500 – расход оборотной воды; 332 – общие потери воды; 54,5 – потери воды в виде каплеуноса и со шламом. Кроме того, содержание ионов натрия также повысится до 36000 мг/дм³. Следовательно, общее солесодержание составит около 96000 мг/дм³ = 96 г/дм³, а с учетом щелочности и солей жесткости – еще больше, что обусловлено

Таблица 7 – Содержание основных компонентов в оборотной воде при подпитке морской водой при условии образования CaCO₃

Наименование компонента	Единица измерения	Концентрация в оборотной воде (ориентировочно) при продувочных расходах		
		600 м ³ /час	750 м ³ /час	900 м ³ /час
Хлориды	г/м ³	5741	5523	5338
Сульфаты	г/м ³	2232	2070	1932
Щелочность общая	г-экв/м ³		4–5	
Жесткость общая	г-экв/м ³		33–34	
Солесодержание	г/м ³		12000–13000	



не только высоким содержанием исходной (морской) воды, но и значительными технологическими приростами сульфатов и хлоридов. Опыт работы грязных оборотных циклов при таком содержании отсутствует, однако экспериментально установлено, что в этом случае в аппаратах газоочистки будут образовываться не только карбонатные, но и сульфатные отложения.

Таким образом, целенаправленные исследования, выполненные в связи с необходимостью разработки технических решений по созданию оборотного цикла газоочисток, позволили решить следующие вопросы:

- определить вид и дозы коагулянта и флокулянта для обработки воды, количество очистных сооружений (флокуляторов) и прироста основных солеобразующих компонентов в сточных водах после газоочистки;
- изучить кинетику выпадения взвешенных веществ при реагентной обработке воды, в т.ч. при совместном действии ингибиторов накипеобразования, коагулянтов и флокулянтов;
- осуществить прогноз химсостава воды в оборотном цикле и показать, что в указанных условиях необходима значительная продувка оборотного цикла.

Разработка технических решений по созданию оборотного цикла на морской воде является ярким примером того, как должны выполняться комплексные работы в условиях недостатка исходных данных или отсутствия известных решений поставленных технических задач. В таких случаях проведение научных исследований перед проектированием обязательно.

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время водоснабжение газоочисток доменных печей ПАО «МК «Азовсталь» осуществляется по прямоточной схеме со сбросом сточных вод в шламонакопитель и далее в Азовское море. Это приводит к выносу в море значительного количества взвешенных веществ. Для уменьшения их выноса предполагается создание оборотного цикла доменных печей.

2. Принята известная технологическая схема очистки сточных вод в оборотном цикле: осветление воды во флокуляторах, сгущение шлама в сгустителях, обезвоживание на вакуум-фильтрах. Предусмотрена обработка воды коагулянтами, флокулянтами, ингибиторами образования карбонатных отложений. Основной проблемой при разработке технологических решений было отсутствие данных об эффективности реагентной обработки при повышенном содержании воды, которое будет иметь место при подпитке оборотного цикла морской водой.

3. На реальных сточных водах газоочисток доменных печей ПАО «МК «Азовсталь» проведены исследова-

ния по выбору коагулянтов и флокулянтов для улучшения осаждения взвешенных веществ в морской воде в условиях применения ингибиторов накипеобразования. Установлено, что наилучшим является сочетание анион-активного флокулянта PuroTech-110 с коагулянтом PuroTech RO-510 на основе оксихлорида алюминия. Удовлетворительный эффект дает также применение одного лишь флокулянта.

4. Проведены исследования по эффективности действия флокулянта при повышенном содержании воды в оборотном цикле газоочисток. Установлено, что при изменении содержания в интервале 0–11 г/дм³ эффективность действия флокулянта практически не изменяется.

5. Выполнен прогноз содержания различных компонентов и общего содержания в оборотном цикле газоочисток. С этой целью на основе анализа проб воды, поступающей на газоочистку, и сточной воды после газоочисток установлены технологические приросты основных солеобразующих компонентов – сульфатов и хлоридов, а также показателей щелочности и жесткости. Прогноз химсостава воды в оборотном цикле выполнен при различных величинах продувочного расхода.

6. Установлено, что при значительной продувке (600, 750, 900 м³/час) и расходе воды в оборотном цикле 7500 м³/час содержание оборотной воды достигает 12–13 тыс. г/дм³, что свидетельствует о необходимости продувки оборотного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отработка режимов стабилизации воды оборотного цикла водоснабжения газоочисток при различных режимах работы газоотводящих трактов конвертеров № 1, 2 ККЦ ОАО «Меткомбината «Азовсталь»: отчет о НИР / УкрГНТЦ «Энергосталь»; рук. работы Романенко А.Ф. – Х., 2003. – 92 с. – Арх. № 100022.
2. Сталинский Д. В. Эффективные системы водоснабжения, очистки промышленных и хозяйственно-бытовых стоков / Д. В. Сталинский, С. И. Эпштейн, З. С. Музыкина // Экология и промышленность. – 2012. – № 4 (33). – С. 4–9.
3. Анализ действующих режимов работы газоотводящего тракта конвертеров № 1 и 2 конвертерного цеха ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» и разработка мероприятий по повышению интенсивности кислородной продувки и улучшению эксплуатационных характеристик оборудования газоотводящего тракта, в том числе увеличению межремонтного периода работы и его оборудования, при увеличении стойкости футеровки до 7000–9000 плавков: отчет о НИР /

- ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»; рук. Мантула В.Д. – Х., 2012. – 183 с. – Арх. № 100401.
4. **Николадзе Г. И.** Технология очистки природных вод / Г. И. Николадзе. – М. : Высшая школа, 1987. – 479 с.
5. **Чеканов Г. С.** Образование и устранение отложений в системах гидрозолеудаления / Г. С. Чеканов, В. А. Зорин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 176 с. : ил.

Поступила в редакцию 23.04.2014

Створено оборотний цикл газочисток доменних печей ПАТ «МК «Азовсталь» з метою припинення скидання завислих речовин у шламонакопичувач і далі в Азовське море. Проведено дослідження з вибору коагулянтів і флокулянтів, що забезпечують необхідний ступінь освітлення води з підвищеним солемістом. Виконано прогноз хімічного складу води, циркулюючої в оборотному циклі, при її різних витратах і підживленні морською водою. Розроблено технологічну схему очистки продувочної води, а також згушення і зневоднення шламу.

Reverse cycle of gas purifications of blast furnaces at PJSC «Iron & Steel Works «Azovstal» was developed to stop discharge of suspended solids into slurry tank and then into the Sea of Azov. Studies on choosing coagulants and flocculants providing necessary degree of water clarification with excess salt content were carried out. Forecast of water chemical composition circulating in reverse cycle with its various rates and seawater recharge is given. Technological scheme of bleed water purification as well as sludge thickening and dewatering was developed.