

УДК 628.179.2

Д.В. СТАЛИНСКИЙ, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор,**С.И. ЭПШТЕЙН**, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник,**З.С. МУЗЫКИНА**, канд. техн. наук, ученый секретарь

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

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при создании систем оборотного водоснабжения металлургических предприятий. Приведены примеры их решения в работах ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» по созданию оборотных циклов прокатных станов и МНПЗ, газоочисток доменных печей и конвертеров, а также в разработках конструкций сооружений и аппаратов для очистки сточных вод, выполненных на основе научных исследований. Представлены результаты исследований по стабилизационной обработке воды с использованием критериев для оценки тенденции к образованию карбонатных отложений и эффективности действия реагентов-ингибиторов.

Ключевые слова: оборотные циклы (условно-чистые, грязные), бессточная система, обессоливание воды, отбор воды из оборотных циклов.

Оборотное водоснабжение, повторное использование воды и очистка сточных вод – важнейшие направления в сфере энерго- и ресурсосбережения и защиты окружающей природной среды (ОПС). Однако задачи, стоящие перед исследователями и проектировщиками, работающими в этой области, в последнее время значительно усложнились. Это связано в первую очередь с тем, что после введения новых норм качества воды в водоемах ужесточились требования и к химическому составу воды, которая может сбрасываться в водоемы, в частности при продувке систем водоснабжения (по качеству она должна соответствовать воде в водоемах рыбохозяйственного назначения). Кроме того, нормативные величины, которым должен соответствовать состав оборотной воды, порой значительно превышают показатели, характерные для свежей воды из источника. В связи с этим в последнее время при проектировании систем оборотного водоснабжения все чаще предлагается ликвидировать продувку оборотных систем водоснабжения, а подпиточную воду подвергать обессоливанию для удовлетворения требований, предъявляемых к качеству оборотной воды.

Основные задачи в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод, стоящие перед предприятиями черной металлургии, следующие:

- создание замкнутых систем водоснабжения с максимальным уровнем использования воды в обороте

и минимальным выводом воды из системы и сбросом ее в водоем;

- обеспечение требуемого качества воды, направляемой потребителям, за счет внедрения новых технологий очистки воды и новых очистных сооружений;
- достижение уровня очистки сбрасываемых сточных вод, соответствующего современным показателям качества воды в водоемах и нормам предельно допустимых сбросов.

Комплексное решение проблем, связанных с водопотреблением, водоотведением промышленных предприятий и защитой водных бассейнов, является одним из приоритетных направлений деятельности ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». Особое внимание уделяется разработке таких методов и проектов сооружений для очистки воды, которые обеспечивают создание эффективных систем оборотного водоснабжения как условно-чистых, так и загрязненных вод.

Разработка технических решений по созданию оборотных циклов водоснабжения и систем очистки воды, а также по улучшению работы существующих систем водоснабжения основывается на следующих принципах:

1. Изучение технологического процесса, для которого создается оборотный цикл или система очистки воды.
2. Изучение особенностей образования и физико-химического состава воды, которая подлежит очистке или обработке.
3. Организация локальных замкнутых систем.

4. Рациональное сочетание локальных оборотных циклов с общей оборотной системой предприятия через пруды-шламонакопители.
5. Повторно-последовательное применение воды (всей или части) из системы с высокими требованиями к ее качеству в системе с более низкими требованиями.
6. Максимально возможное уменьшение продувки оборотных систем за счет применения стабилизационной обработки оборотной и/или добавочной воды, разработка и использование современных методов стабилизационной обработки воды, стремление к минимизации расхода подпиточной воды и сброса продувочных вод вплоть до создания полностью замкнутых бессточных систем водоснабжения.
7. Расчет водного и солевого балансов проектируемой системы, прогнозирование состава воды и возможности образования плотных солевых отложений или появления коррозии.
8. Дочистка загрязненных сточных вод в процессе или конце повторно-последовательного использования с целью возврата их в начало цепи.
9. Концентрирование и выпарка либо термоумягчение содесодержащих сточных вод, дальнейшее использование которых невозможно.
10. Применение новых сооружений и аппаратов для очистки воды.
11. Подготовка подпиточной воды.
12. Очистка и использование поверхностных (дождевых и талых) сточных вод.
13. Применение рациональных и экономичных архитектурно-компоновочных решений.

Одни из основных потребителей воды на металлургических предприятиях – станы горячей прокатки металла (как широкополосные, так и мелкополосные). Потребление воды на охлаждение металла достигает на широкополосных станах 20 тыс. м³/час и более. Для очистки и повторного использования отработанной воды, загрязненной окалиной и маслами, создаются так называемые грязные оборотные циклы. Кроме того, отдельными потребителями используется свежая техническая вода или вода из условно-чистых оборотных циклов, в дальнейшем сбрасываемая в оборотные циклы загрязненных вод, что приводит к переполнению грязных оборотных систем и необходимости сброса избытка загрязненных вод в водоемы.

Проблема создания бессточных грязных оборотных систем водоснабжения станов горячей прокатки успешно решается в работах ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». В качестве примера можно привести систему водоснабжения стана 2000 ОАО «Сверсталь». Ее схема разработана на основании предварительных теоретических

и экспериментальных исследований, которые включали изучение условий образования и состава сточных вод от различных участков стана; определение дисперсного состава взвешенных веществ, теоретическое обоснование и согласование с комбинатом и производителем оборудования допустимых размеров частиц окислы в осветленной воде, подаваемой после отстаивания на охлаждение оборудования и листа, а также температуры охлаждающей воды. В ходе экспериментальных исследований определены удельные гидравлические нагрузки на очистные сооружения. Установлено, что около 50 % воды, подаваемой на стан, поступает на участки охлаждения и змотки полос (моталки). Сточные воды с этих участков малоконцентрированные, а содержащаяся в них взвесь – мелкодисперсная. Это позволило не подвергать вторичному отстаиванию стоки участка охлаждения полосы после предварительной очистки (в первичном отстойнике), а направить их на фильтры грубой очистки, после чего частично вернуть в чистый оборотный цикл и частично передать другим потребителям стана (гидросбыв окислы, черновые и чистовые клети). Благодаря использованию описанной системы водоснабжения на 16,35 тыс. м³/час сокращен объем воды, выводимой на дальнейшее отстаивание, и уменьшено количество вторичных радиальных отстойников. В данном последовательно-оборотном цикле впервые в СНГ в качестве первичного отстойника принята (на основании соответствующих расчетов и проведения гидравлических исследований на модели) яма для окислы гидроциклонного типа.

Примером высокоэффективной замкнутой системы, разработанной в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», является не имеющая мировых аналогов система оборотного водоснабжения стана 3000 ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ПАО «ММК им. Ильича»), которая успешно эксплуатируется. Аналогичные системы водоснабжения приняты и для ряда других широкополосных станов (например, стана 2500 ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», г. Липецк, Российская Федерация). Используемые в них для вторичной очистки радиальные отстойники с камерой флокуляции и антрацито-кварцевые фильтры разработаны ГП «УкрНТЦ «Энергосталь».

В связи с созданием сталепрокатных комплексов и мини-заводов интенсивно развивается направление по разработке оптимальных схем и эффективных способов очистки маслосодержащих сточных вод машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатных станов. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны трехступенчатые схемы очистки сточных вод МНЛЗ. В качестве примера можно привести бессточную систему водоснаб-

жения МНЛЗ предприятия ГУП «Литейно-прокатный завод» (г. Ярцево, Российская Федерация) (рис. 1).

Комплекс очистных сооружений включает яму для окалины, два тридцатиметровых радиальных отстойника и фильтровальную станцию, оснащенную шестью напорными фильтрами ФН-3000 усовершенствованной конструкции, разработанной ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». Шлам после радиальных отстойников вместе с промывными водами фильтров направляется на горизонтальные отстойники, осадок из которых поступает в бункер обезвоживания. Обезвоженный осадок подсушивают, а маслоотходы сжигают во вращающейся печи. Система является беспродувочной за счет обессоливания подпиточной воды, вследствие чего достигается высокий коэффициент упаривания.

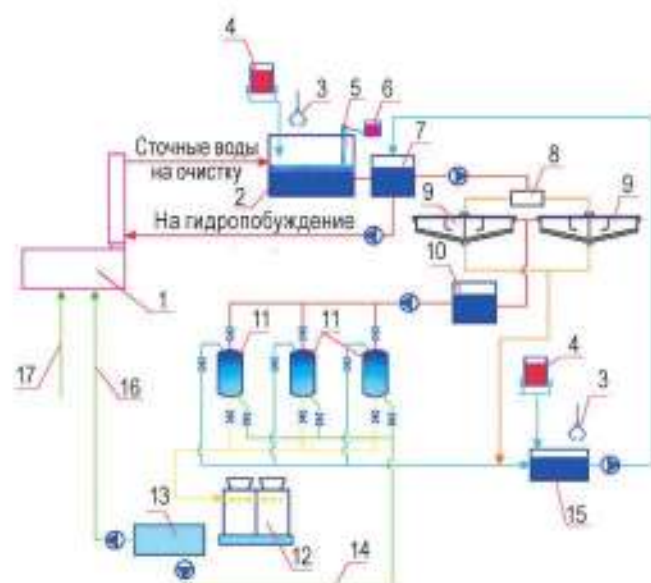


Рисунок 1 – Схема бессточной трехступенчатой системы очистки сточных вод МНЛЗ и прокатных стансов:

- 1 – производственный корпус; 2 – яма для окалины;
- 3 – грейфер; 4 – бункер окалины; 5 – маслосборное устройство; 6 – накопитель масла; 7 – резервуар осветленных вод; 8 – распределительная камера отстойников;
- 9 – радиальные отстойники; 10 – резервуар осветленных вод;
- 11 – напорные антрацито-кварцевые фильтры;
- 12 – градири; 13 – резервуар очищенных вод; 14 – вода на обратную промывку фильтров; 15 – горизонтальный отстойник промывных вод фильтров; 16 – очищенные воды (в производство); 17 – подпитка свежей водой

Фильтрация всего объема загрязненной воды оборотного цикла в напорных фильтрах ФН-3000 позволяет использовать очищенную воду в любых операциях, в т.ч. для подпитки чистого оборотного цикла стана горячей прокатки.

Размещение радиальных отстойников над землей на высоте более 20 м (рис. 2) (что является характерным отличием системы) дало возможность упростить архитектурно-планировочные решения узла отстаивания и значительно сократить объем земляных и строительных работ по созданию шламовой насосной станции.

Данная оборотная система введена в эксплуатацию. Содержание взвешенных веществ в осветленной воде составляет 0,28 мг/дм³, масел – 0,18 мг/дм³.



Рисунок 2 – Размещение радиальных отстойников над землей на высоте более 20 м

Была разработана также бессточная схема водоснабжения литейно-прокатного комплекса ОАО «Волгоцеммаш» (г. Тольятти, Российская Федерация), включающая условно-чистый оборотный цикл и объединенный оборотный цикл загрязненных вод МНЛЗ и сортопрокатного стана. При этом принята двухступенчатая схема очистки (двухсекционная яма для окалины и антрацито-кварцевые фильтры). Удельная гидравлическая нагрузка на первичный отстойник – 7 м³/(м²·час), скорость фильтрации – около 30 м/час; расчетное содержание взвешенных веществ в воде после очистки – до 20 мг/дм³, масел – до 5 мг/дм³. Перед подачей на фильтры вода обрабатывается коагулянтном и флокулянтном.

В работах ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» большое внимание уделяется способам повышения эффективности оборотных систем водоснабжения газоочисток металлургических производств. Производительность оборотных циклов газоочисток доменных печей (ДП) и конвертеров может достигать 4000–6000 м³/час и более. На основании проведенных исследований даны рекомендации для проектирования оборотных циклов газоочисток ДП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ДП ОАО «Запорожсталь» с очисткой воды соответственно в радиальных отстойниках с камерой флокуляции и флокуляторах. Выполнен проект оборотных циклов газоочисток конвертеров и МНЛЗ ПАО «МК «Азовсталь» с очисткой воды во флокуляторах диаметром 12 м.

Все упомянутые системы водоснабжения построены и успешно эксплуатируются.

Были разработаны бессточные системы водоснабжения не только отдельных производств, но и больших металлургических комбинатов в целом. Предотвращение сбросов сточных вод достигнуто путем рационализации схемы водоснабжения на основе водно-химических расчетов и определения предельной концентрации ингредиентов, образующих карбонатные отложения, а также за счет предварительной подготовки подпиточной воды.

Показательной в этом смысле является система водоподготовки для проектируемого ООО «Красносулинский металлургический комбинат» (г. Красный Сулин, Российская Федерация). Бессточная система водоснабжения комбината включает закрытый и открытый условно-чистые циклы окислительно-восстановительных сточных вод. В связи с высокими требованиями по содержанию воды в оборотных циклах, значительными концентрациями солей в исходной воде и отсутствием возможности осуществить продувку системы проектом предусмотрена подготовка подпиточной воды, включающая ее предварительное умягчение, фильтрование на сетчатых фильтрах, ультрафильтрацию и двухступенчатое обессоливание на установках обратного осмоса. При исходном водопотреблении более 600 м³/час объем концентрата доведен до 18 м³/час. Этот концентрат направляется на тушение шлака. Сбросы в водоем отсутствуют.

На многих предприятиях сбросы сточных вод в водоемы доведены до минимума. Коэффициент использования воды в обороте на ряде заводов, в т.ч. ферросплавных, достигает 95 %.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» имеет большой опыт проектирования условно-чистых систем охлаждения металлургических агрегатов, в частности двухконтурных систем охлаждения, в которых теплонагруженные детали и элементы включены в закрытую оборотную систему, заполненную умягченной или химически очищенной водой. Циркуляционными насосами воду прокачивают через охлаждаемые детали, в результате чего она нагревается, а затем проходит через теплообменники, охлаждаясь водой из открытой системы. При такой схеме образование отложений в охлаждаемых элементах полностью исключено.

Разработки ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» предусматривают использование в двухконтурных системах охлаждения экономичных теплообменников с высоким коэффициентом теплоотдачи, благодаря чему расход оборотной воды на охлаждение теплообменников сокращается в несколько раз (иногда он снижается вплоть до величины расхода циркуляционной воды закрытого контура), что дает существенную экономию энергоресурсов.

По такому же принципу выполняются системы охлаждения кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок, фурм конвертеров и других элементов с огневым нагревом.

Двухконтурные системы водяного охлаждения внедрены на доменных печах российских предприятий ОАО «Тулачермет», ОАО «Северсталь», ОАО «Западно-Сибирский меткомбинат» и др.

При дефиците воды требуемого качества для подпитки оборотной системы эффективным техническим решением является охлаждение оборотной воды условно-чистых циклов производительностью до 1000 м³/час в водовоздушных теплообменниках без соприкосновения с воздухом. Из-за отсутствия потерь на испарение и каплеунос химический состав воды в системе остается постоянным. Такая система является бессточной, т.е. она не нуждается в подпитке и продувке. Система воздушного охлаждения производительностью 665 м³/час разработана для охлаждения вакууматора и установки печь-ковш электросталеплавильного цеха ОАО «Энергомашспецсталь» (Российская Федерация).

Создание замкнутых оборотных циклов загрязненных вод невозможно без разработки методов, а также конструкций сооружений для очистки воды от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Как уже упоминалось, для очистки сточных вод использовались разработанные в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» радиальные отстойники с камерой флокуляции, флокуляторы, антрацит-кварцевые фильтры и сетчатые маслосборные устройства. Отстойники с камерой флокуляции установлены на многих предприятиях Украины (ПАО «ММК им. Ильича», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог») и России (меткомбинат «Северсталь» и ряд других).

Флокулятор – это аппарат гидроциклонного типа. В нем, так же как и в отстойниках с камерой флокуляции, используется феномен интенсификации процесса столкновения частиц взвешенных веществ (или нефтепродуктов) во вращающемся потоке. За счет большей по сравнению с радиальными отстойниками высоты увеличиваются объем камеры флокуляции и время пребывания в ней, что обеспечивает более глубокое осветление воды и возможность повышения удельной гидравлической нагрузки на сооружение. Флокуляторы установлены в оборотных циклах аглофабрик и газоочисток доменных печей меткомбината «Запорожсталь» (г. Запорожье), газоочисток конвертеров ПАО «МК «Азовсталь» (г. Мариуполь), на Молдавском металлургическом заводе (г. Рыбница, Молдова) и ряде других предприятий. Применение флокуляторов особенно показано в случае дефицита производственных площадей для размещения очистных сооружений.

Следует отметить, что разработке очистных сооружений предшествовали теоретические и экспериментальные исследования. В промышленных условиях были проведены эксперименты по очистке реальных сточных вод на моделях отстойников и флокуляторов. На основе теоретических исследований по моделированию процессов отстаивания с коагуляцией было установлено, что эффективность осветления воды в натурном сооружении не ниже, чем на модели.

Показано, что в геометрически подобных отстойных аппаратах (например, таких как натурное сооружение и его модель) эффективность определяется показателем интенсивности коагуляции

$$K = C_0 \cdot W_0^2 \cdot L_0^2 \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация взвешенных веществ; W_0 – масштаб скорости (например, удельная гидравлическая нагрузка); L_0 – масштаб длины (например, характерный размер сооружения – диаметр, высота и т.п.).

Если равны исходные концентрации взвешенных веществ в модели ($C_{0м}$) и натурном сооружении ($C_{0н}$), а также гидравлические нагрузки на модель ($W_{0м}$) и натурное сооружение ($W_{0н}$), то за счет того, что модель в несколько раз меньше натурального сооружения ($L_{0м} > L_{0н}$), показатель $K = C_0 \cdot W_0^2 \cdot L_0^2$ в натурном сооружении больше, чем в модели. Следовательно, коагуляция взвешенных частиц в натурном сооружении идет более интенсивно, чем в модели, при этом остаточная концентрация мелких частиц (основное количество которых после отстаивания остается в воде и в значительной степени определяет общую загрязненность) в модели больше, чем в натурном сооружении. Таким образом, результаты исследований, проведенных на моделях в промышленных условиях, позволили рекомендовать внедрение новых сооружений (отстойников с камерой флокуляции и флокуляторов) с гарантией достижения требуемых показателей качества воды.

Для более глубокой очистки сточных вод ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны антрацито-кварцевые фильтры (рис. 3). Их созданию предшествовали масштабные исследования, в ходе которых были определены материалы и размеры зерен фильтрующей загрузки, оптимальные скорости фильтрования промывки, условия несмешивания материалов загрузки при промывке.

При рассмотрении возможности использования антрацито-кварцевых фильтров для очистки сточных вод МНПЗ и прокатных станов были проведены исследования по определению времени защитного действия фильтров t_z . Для облегчения инженерных расчетов построены

номограммы для определения t_z в зависимости от C_0 и C_n при высоте слоя загрузки $H = 2$ м (пример такой номограммы приведен на рис. 4).

Фильтры диаметром 2,0, 3,0 и 3,4 м применяют для очистки воды МНПЗ и прокатных станов. На фильтровальных станциях обеспечивается высокий уровень автоматизации (автоматическое включение промывки) с использованием современных средств автоматики и микропроцессорных устройств.

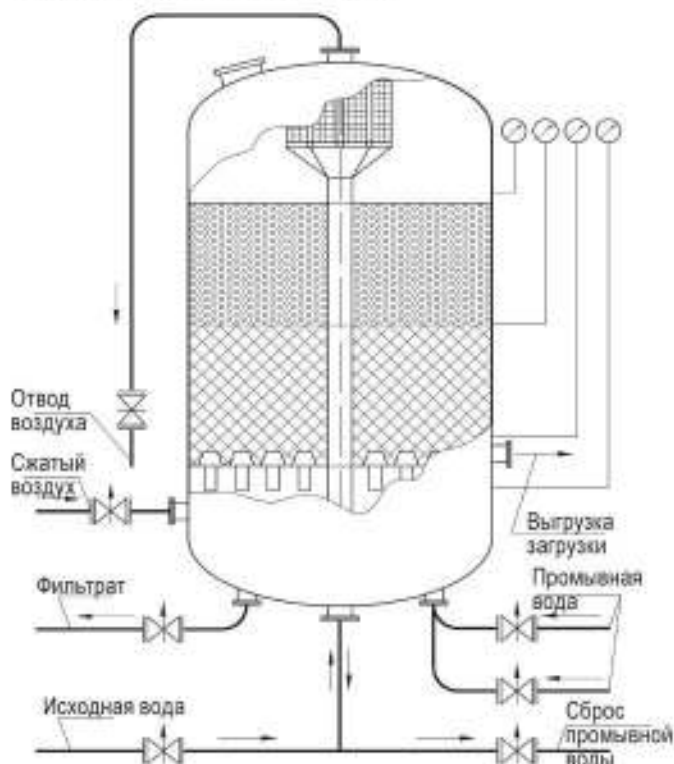


Рисунок 3 – Технологическая схема двухслойного фильтра с антрацито-кварцевой загрузкой

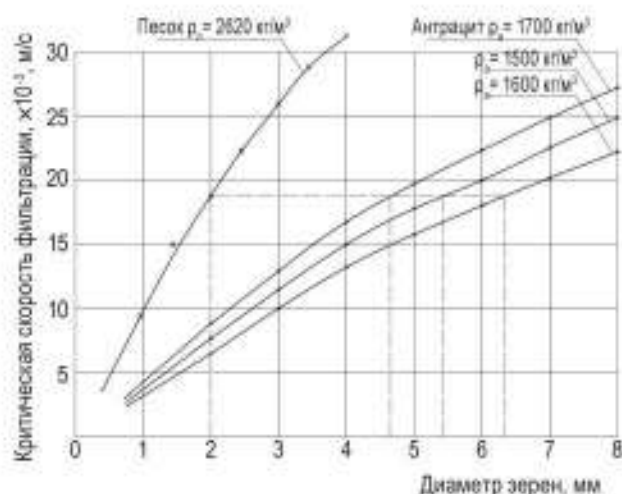


Рисунок 4 – График соотношений размеров зерен песка и антрацита из условия несмешивания этих материалов при промывке

Во многих случаях условием для создания замкнутых систем водоснабжения является стабильность оборотной воды. В настоящее время стабилизация воды в условно-чистых оборотных циклах водоснабжения осуществляется с использованием реагентов на основе фосфоновых кислот. Однако такая обработка воды в грязных оборотных циклах (т.е. циклах загрязненных сточных вод) связана с определенными сложностями. Как установлено исследованиями, проведенными в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», ингибиторы негативно влияют на осаждение взвешенных веществ. Тем не менее и в этом случае можно достигнуть необходимой степени очистки воды комплексной обработкой с применением коагулянтов и флокулянтов.

Учитывая то, что при замыкании оборотных циклов солесодержание может значительно увеличиться (до 10–15 г/дм³ и более), было исследовано его влияние на осветление воды при реагентной обработке ингибитором, коагулянтом и флокулянтом. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние солесодержания на осветление воды

Солесодержание, г/дм ³	0	6,0	12,0	18,0
Остаточное содержание взвеси, мг/дм ³	0,117	0,146	0,158	0,161

Установлено, что с повышением солесодержания эффективность осветления воды несколько снижается. Так, с ростом его величины от 6 до 18 г/дм³ остаточная концентрация взвешенных веществ в воде при отстаивании увеличивается с 0,146 до 0,161 мг/дм³, т.е. на 9–10 %.

Для оценки склонности к образованию карбонатных отложений на основе анализа известных критериев оценки тенденции предложено пользоваться индексом DFI:

$$DFI = \frac{[Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] \cdot f_2^2}{P_p CaCO_3}, \quad (2)$$

где $[Ca^{2+}]$ и $[CO_3^{2-}]$ – концентрации ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , моль/дм³;

f_2 – коэффициент активности двухвалентных ионов;

$P_p CaCO_3$ – произведение растворимости карбоната кальция.

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны методика [1] и программа, позволяющие определить DFI с учетом концентрации свободных ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} . В ряде работ (например, в [2]) предложено использовать этот индекс для оценки защитной способности ингибитора в зависимости от вида и дозы реагента. Кроме того, целесообразно ввести показатель $DFI_{пред}$ – значение DFI,

которое соответствует состоянию насыщения раствора по ионам Ca^{2+} и CO_3^{2-} в присутствии ингибитора. Гарантией того, что карбонатные отложения не будут образовываться, следует считать условие $DFI_{пред} \geq DFI$, хотя соотношение $DFI_{пред} < DFI$ еще не является обязательным условием образования отложений.

Таким образом, работы по внедрению замкнутых систем водоснабжения, проведенные в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», включали решение комплекса вопросов – от теоретических и экспериментальных исследований до выполнения рабочих проектов. Осуществлялись также техническое сопровождение строительства и пусконаладочные работы многих объектов. Это позволило создать и внедрить системы оборотного водоснабжения на многих предприятиях черной металлургии Украины, России и Казахстана.

ВЫВОДЫ

1. Сформированы принципы, на которых основывается создание оборотных циклов водоснабжения и систем очистки воды.

2. Описаны схемы водоснабжения станов горячей прокатки, разработанные ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» на основе теоретических исследований, включающих изучение условий образования сточных вод и определение допустимых размеров частиц окалина в воде, подаваемой на станы.

3. Разработаны схемы очистки маслоокалиносодержащих сточных вод малых металлургических заводов с неполным оборотным циклом. Разработана и внедрена бессточная схема водоснабжения литейно-прокатного комплекса с трехступенчатой очисткой воды (первичный отстойник – вторичные радиальные отстойники – антрацито-кварцевые фильтры) и обессоливанием подпиточной воды.

4. Разработаны бессточные системы водоснабжения не только отдельных производств, но и крупных металлургических комбинатов в целом. Предотвращение сбросов сточных вод достигнуто путем рационализации схемы водоснабжения и предварительной подготовки подпиточной воды.

5. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны методы очистки сточных вод от взвешенных веществ и конструкции очистных сооружений (радиальные отстойники с камерой флокуляции и флокуляторы), что позволило повысить удельные гидравлические нагрузки и сократить производственные площади, занимаемые очистными сооружениями. Разработаны высокоскоростные антрацито-кварцевые фильтры для очистки маслоокалино-

содержащих сточных вод. Это дало возможность очистить дебалансные воды грязных оборотных циклов прокатных станов и вернуть их на подпитку условно-чистых циклов.

6. Проведены исследования и разработаны технические решения по стабилизационной обработке воды в грязных оборотных циклах газоочисток доменных печей и конвертеров. Предложен критерий для оценки тенденции к образованию карбонатных отложений и эффективности действия ингибиторов отложений. Установлено негативное влияние ингибиторов на осветление воды при ее отстаивании и предложен метод обработки воды для повышения эффективности осветления при условии использования ингибиторов образования отложений.

Розглянуто основні проблеми, що виникають при створенні систем оборотного водопостачання металургійних підприємств. Наведено приклади їх вирішення в роботах ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» щодо створення оборотних циклів прокатних станів і МНЛЗ, газоочисток доменних печей і конвертерів, а також в розробках конструкцій споруд та апаратів для очищення стічних вод, виконаних на основі наукових досліджень. Надано результати досліджень щодо стабілізаційної обробки води з використанням критеріїв для оцінки тенденції до утворення карбонатних відкладень і ефективності дії реагентів-інгібіторів.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика определения тенденции к образованию карбонатных отложений в оборотных циклах водоснабжения / Д. В. Сталинский, С. И. Эпштейн, З. С. Музыкаина, Ю. А. Щербак, А. Ю. Капустяк // Экология и промышленность. – 2011. – № 3 (28). – С. 58–61.
2. Определение эффективной дозы реагентов-ингибиторов для обработки оборотной воды, подаваемой на трубы Вентури конвертерных газоочисток / С. И. Эпштейн, А. Ю. Капустяк, Ю. А. Шляхова, М. А. Блажко // Экология и промышленность. – 2013. – № 2 (35). – С. 62–66.

Поступила в редакцию 10.04.2014

One be examined main problems appearing during creation of reverse water supply system at metallurgical enterprises. One be provided examples of its solutions in works of SE "UkrRTC "Energestal" to create reverse cycles of rolling mills and CCM, gas cleaning units for blast furnaces and converters as well as in developments of structures of units and devices for sewage treatment made based on scientific researches. One be shown research results for water stabilizing treatment with using of criterions for estimation of tendency of carbonate deposit forming and reagent-inhibitors efficiency.