

УДК 628.33

**З.С. МУЗЫКИНА**, к.т.н., ученый секретарь, **С.И. ЭПШТЕЙН**, к.т.н., ведущий научный сотрудник  
Украинский государственной научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## ЭКОНОМИЧНАЯ СХЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ «МНЛЗ – СОРТОПРОКАТНЫЙ СТАН»

Предложена экономичная двухступенчатая схема оборотного водоснабжения комплексов «МНЛЗ – сортопрокатный стан», включая системы водоснабжения металлургических мини- и микрозаводов.

Разработаны конструктивные решения первичных отстойников гидроциклонного типа.

Применение двухступенчатой схемы очистки позволяет уменьшить производственные площади, занимаемые очистными сооружениями, снизить капиталовложения и значительно сократить энергозатраты при эксплуатации систем водоснабжения.

**экономичная схема водоснабжения, сточные воды, энергозатраты, комплекс «МНЛЗ – сортопрокатный стан», мини- и микрозаводы, первичный отстойник гидроциклонного типа, антрацито-кварцевые фильтры, технико-экономический анализ**

Развитие прокатного производства предприятий черной металлургии влечет за собой необходимость в разработке новых технических решений для очистки образующихся стоков, загрязненных окалиной и маслами. Анализ конструктивных и технологических решений, изучение технико-экономических характеристик схем и сооружений оборотного водоснабжения прокатного производства показали, что их дальнейшее совершенствование является актуальной задачей.

Рассмотрим требования, предъявляемые к качеству воды после очистки. Согласно указаниям по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий [1], к качеству очищенной воды «грязных» оборотных циклов прокатных станом и МНЛЗ предъявляются следующие требования

для прокатных станом:

- содержание взвешенных веществ – 50–100 мг/дм<sup>3</sup>,
- крупность частиц – не более 40 мкм,
- содержание масел – 50–60 мг/дм<sup>3</sup>;

для МНЛЗ:

- содержание взвешенных веществ – 30–40 мг/дм<sup>3</sup>,
- крупность частиц – не более 30 мкм,
- содержание масел (плавающих) – не выше 20 мг/дм<sup>3</sup>,
- растворенные и эмульгированные масла не лимитируются.

Если очищенную воду предполагается использовать в «чистых» оборотных циклах, то в ней должно содержаться до 20 мг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ и до 10 мг/дм<sup>3</sup> масел.

Однако в настоящее время инофирмы, поставляющие оборудование (мелкосортные прокатные станом

и МНЛЗ), выдвигают более жесткие требования к качеству воды (взвешенные вещества – до 20 мг/дм<sup>3</sup>, масла – до 5 мг/дм<sup>3</sup>).

Необходимо отметить, что как на отечественных, так и на зарубежных заводах получили распространение различные схемы очистки масло-окалиносодержащих сточных вод.

Однако, если для полосовых станом горячей прокатки в основном применяются трехступенчатые схемы очистки, включающие первичные отстойники окалины для отделения крупных фракций, вторичные отстойники и фильтры для глубокой очистки, то для осветления сточных вод сортопрокатных станом и МНЛЗ используются как трехступенчатые, так и двухступенчатые схемы очистки. Третья ступень очистки применяется для потребителей воды станом горячей прокатки, предъявляющих повышенные требования к качеству исходной воды. При осветлении сточных вод МНЛЗ третья ступень применяется для доочистки воды с целью ее использования в «условно чистых» оборотных циклах [1].

В последнее время получает широкое распространение создание заводов небольшой мощности по переработке металлолома в высококачественную продукцию – сортовой прокат общего назначения. Такие заводы представляют собой литейно-прокатный комплекс, включающий дуговые электропечи, МНЛЗ и специализированный малотоннажный прокатный стан. Основные преимущества металлургических мини- и микрозаводов – компактность, гибкость и экономическая эффективность. На таких заводах, как правило, организуется один оборотный цикл масло-окалиносодержащих сточных вод прокатно-



го стана и МНЛЗ, хотя в отдельных случаях могут предусматриваться отдельные оборотные циклы прокатных станов и МНЛЗ, что обусловлено различными требованиями к качеству воды в части химического состава.

Рассмотрим схемы водоснабжения сортопрокатных станов и МНЛЗ ряда заводов.

Система оборотного водоснабжения стана 350/50 электрометаллургического завода «Электросталь» им. И.Ф. Тевосяна включает первичный отстойник окалины горизонтального типа и вторичные очистные сооружения – горизонтальные отстойники. Для очистки дебалансных вод «грязного» цикла имеются радиальные отстойники и пенополистирольные фильтры. Для осветления промывных вод фильтров предназначены две секции горизонтальных отстойников.

Очистка воды «грязного» оборотного цикла водоснабжения сортопрокатного цеха московского завода «Серп и Молот» осуществляется в первичных отстойниках гидроциклонного типа, затем на внешних очистных сооружениях – радиальных отстойниках с камерой флокуляции. Дебалансные воды совместно с общим стоком завода доочищаются на пенополистирольных фильтрах.

Для систем оборотного водоснабжения МНЛЗ также характерно применение ряда последовательных ступеней очистки. Так, очистка сточных вод МНЛЗ комплекса кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) ОАО «Северсталь» производится по следующей схеме: первичная очистка в яме для окалины прямоугольного типа, вторичная очистка в горизонтальных отстойниках, доочистка воды на антрацито-кварцевых фильтрах.

В «грязном» оборотном цикле МНЛЗ ККЦ-2 ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» («НЛМК») отработанная вода проходит очистку в первичном отстойнике горизонтального типа, далее осветляется в радиальных отстойниках-флотаторах.

На ОАО «Азовсталь» при очистке стоков МНЛЗ конвертерного цеха крупная окалина улавливается в первичном двухсекционном горизонтальном отстойнике, в качестве второй ступени очистки применяются флокуляторы диаметром 12 м.

Особый интерес представляют системы оборотного водоснабжения заводов с неполным металлургическим циклом, включающих компактные сортопрокатные станы в блоке с МНЛЗ и предназначенных для производства сортового проката.

Так, например, оборотный цикл для загрязненных вод сталеплавильного и прокатного цехов Белорусского металлургического завода выполнен единым с общими очистными сооружениями (проект фирмы «Siemens-VAI», Австрия): очистка воды осуществляется в пер-

вичном отстойнике, после которого вода подается на вторичные очистные сооружения – горизонтальные отстойники. Выпавшую окалину из первичного и вторичного отстойников выгружают грейферным краном в бункер обезвоживания первичного отстойника. Глубокую очистку воды производят на двухслойных гравийных фильтрах. Промывные воды фильтров очищают на горизонтальных отстойниках, шлам обезвоживают в сгустителях и вакуум-фильтрах.

Трехступенчатую очистку проходят загрязненные стоки прокатного стана, построенного также по проекту инофирм, на ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат»,

На СЗАО «Молдавский металлургический завод» в оборотном цикле, запроектированном институтом «УкрГипромет» в соответствии с техническими решениями УкрГНТЦ «Энергосталь», имеются первичные отстойники окалины для приема загрязненных вод (прямоугольного типа – от МНЛЗ, гидроциклонного – от прокатного стана), внешние очистные сооружения – флокуляторы диаметром 12 м и фильтры с пенополистирольной загрузкой. Отличительной особенностью системы является создание объединенного «грязного» оборотного цикла для очистки смешанного стока МНЛЗ и мелкосортного стана. Для осветления промывных вод фильтров в схеме предусмотрен отдельный флокулятор. Удаление выпавшей в первичных отстойниках окалины производится с помощью грейферного крана в бункер обезвоживания. Шламовая пульпа, отводимая из флокуляторов, направляется на трехсекционный шламоуплотнитель для сгущения, шлам после него грейферным краном подается в бункер обезвоживания.

Рассмотрим двухступенчатые схемы очистки.

В странах дальнего зарубежья в случае применения двухступенчатых схем на первой ступени очистки используется первичный отстойник окалины – так называемый осадительный циклон, на второй – песчаные фильтры. При этом грубая и тонкая очистка происходит в осадительном циклоне. Собравшуюся в центре циклона окалину извлекают грейфером [2].

Имеются и другие технические решения по двухступенчатым схемам очистки масло-окалиносодержащих сточных вод. Предлагается, например, схема, содержащая расположенные под землей ванны с насосами особой конструкции для транспортировки пульпы с окалиной и находящуюся на поверхности земли осветлительную установку [3].

Аналогичным образом устроена схема очистки сточных вод мелкосортных станов горячей прокатки, применяющаяся в Германии и других странах [4]. Схема также не содержит первичных отстойников. Вместо них установ-

лены аппараты с насосными станциями, принимающими загрязненную подстановую воду и направляющими ее на очистку. При этом с помощью перемешивания препятствуют выпадению окалины. Очистка загрязненной воды производится последовательно – в гидроциклонах диаметром 7–8 м (с бункером для обезвоживания окалины) и напорных фильтрах с зернистой минеральной загрузкой.

При проектировании металлургического мини-завода (г. Белая Церковь) использованы двухступенчатые схемы очистки, основанные на технических решениях зарубежных фирм. На первой ступени очистки используются первичные отстойники (ямы для окалины), на второй – песчаные фильтры, после которых вода поступает на градирни.

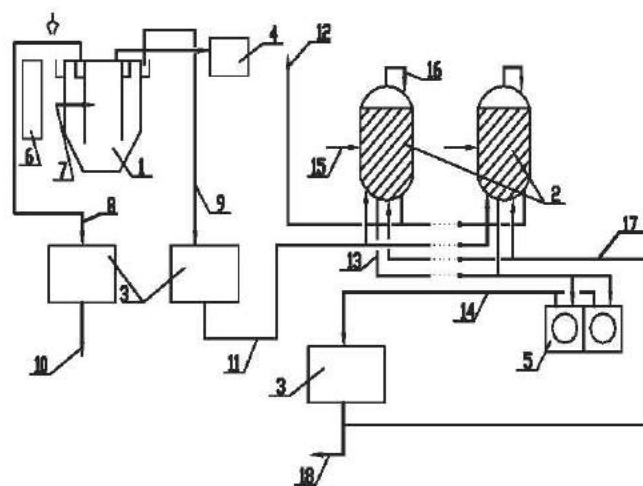
На наш взгляд, такая двухступенчатая схема очистки является наиболее перспективным направлением в совершенствовании технологии очистки сточных вод комплексов «МНЛЗ – сортопрокатный стан», включая мини- и микроразводы. При необходимости, для интенсификации осветления вода обрабатывается флокулянтами. При этом представляется возможным создать единый компактный блок очистных сооружений, облегчить обслуживание системы водоснабжения и уменьшить площади, занимаемые очистными сооружениями. Размеры, количество очистных сооружений и удельные гидравлические нагрузки на них при применении двухступенчатых схем водоснабжения должны быть обоснованы соответствующими технологическими расчетами.

Технико-экономический анализ различных вариантов схем очистки по отличающимся статьям затрат выполнен УкрГНТЦ «Энергосталь» [5] (сравнению подлежали трехступенчатые и двухступенчатые схемы очистки).

В трехступенчатой схеме в качестве первой ступени приняты горизонтальные двухсекционные отстойники с временем пребывания воды – 5–10 минут – либо ямы для окалины гидроциклонного типа с удельной гидравлической нагрузкой  $\approx 30 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{час}$  и бункерами обезвоживания. На второй ступени использованы радиальные отстойники  $\varnothing 30 \text{ м}$  либо флокуляторы  $\varnothing 12 \text{ м}$ , а на третьей – антрацито-кварцевые фильтры.

Двухступенчатые схемы были рассмотрены в нескольких вариантах, один из которых предусматривает очистку воды в первичных отстойниках и антрацито-кварцевых фильтрах конструкции и производства УкрГНТЦ «Энергосталь».

Так, двухступенчатая схема очистки в первичных отстойниках и антрацито-кварцевых фильтрах (осветление промывной воды фильтров осуществляется во флокуляторах  $\varnothing 6 \text{ м}$ ) предложена для системы оборотного водоснабжения МНЛЗ электросталеплавильного цеха (ЭСПЦ) Руставского металлургического завода (рис. 1).



**Рисунок 1 – Принципиальная схема очистки сточных вод МНЛЗ ЭСПЦ Руставского металлургического завода:**

- 1 – яма для окалины гидроциклонного типа;
- 2 – антрацито-кварцевые фильтры; 3 – насосная станция;
- 4 – маспоразделительный резервуар; 5 – вентиляторная градирня; 6 – бункер обезвоживания шлама; 7 – подача загрязненной воды; 8 – предварительно осветленная вода;
- 9 – осветленная вода на фильтрование; 10 – предварительно осветленная вода на гидросмыв; 11 – осветленная вода на фильтрование; 12 – отработанная промывная вода на очистку;
- 13 – фильтрованная вода на охлаждение;
- 14 – фильтрованная охлажденная вода; 15 – подача сжатого воздуха; 16 – выпуск сжатого воздуха;
- 17 – фильтрованная охлажденная вода на промывку фильтров;
- 18 – фильтрованная охлажденная вода для потребителя

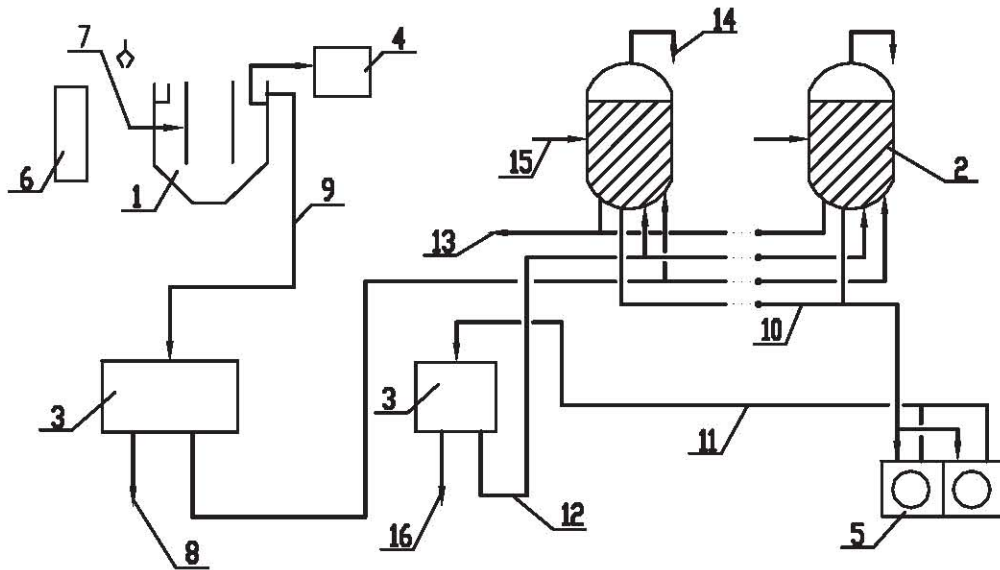
Для очистки сточных вод стана «600» винтовой прокатки завода «Электросталь» предложена двухступенчатая схема в другом варианте (рис. 2). На первой ступени очистки используется отстойник окалины гидроциклонного типа  $\varnothing 15 \text{ м}$  с гидравлической нагрузкой  $12\text{--}15 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{час}$ , на второй ступени – антрацито-кварцевые фильтры. Осветление промывной воды фильтров производится в радиальном отстойнике  $\varnothing 30 \text{ м}$ .

Ожидаемые параметры очистки воды:

- после ямы для окалины:
  - взвешенные вещества –  $60\text{--}150 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;
  - масла – до  $50 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;
- после фильтров (скорость фильтрования –  $30\text{--}35 \text{ м}/\text{час}$ ):
  - взвешенные вещества – до  $20 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;
  - масла – до  $10 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

При применении флокулянтов могут быть достигнуты более высокие показатели очистки.

При использовании двухступенчатых схем особое внимание должно быть уделено конструкции первой ступени очистки.



**Рисунок 2 – Принципиальная схема очистки сточных вод стана «600» винтовой прокатки электрометаллургического завода «Электросталь»:**

1 – усовершенствованная яма для окалины; 2 – антрацито-кварцевый фильтр; 3 – насосная станция; 4 – маслоразделительный резервуар; 5 – вентиляторная градирня; 6 – бункер обезвоживания; 7 – подача загрязненной воды; 8 – предварительно осветленная вода на гидросмыв; 9 – предварительно осветленная вода; 10 – фильтрованная вода на охлаждение; 11 – фильтрованная охлажденная вода; 12 – фильтрованная охлажденная вода на промывку фильтров; 13 – отработанная промывная вода на очистку; 14 – отвод сжатого воздуха; 15 – подача сжатого воздуха; 16 – фильтрованная охлажденная вода потребителю

В УкрГНТЦ «Энергосталь» разработан ряд конструкций первичных отстойников гидроциклонного типа, которые обеспечивают более эффективную очистку стоков по сравнению с горизонтальными. Так, в первичном отстойнике, рекомендованном для Руставского металлургического завода, отбор воды осуществляется двумя потоками: предварительно очищенная вода из внутренней камеры – для гидросмыва окалины и вода с более высокой степенью очистки из внешнего лотка – на фильтрацию.

Для первичной очистки сточных вод стана «600» винтовой прокатки завода «Электросталь» предложен отстойник окалины гидроциклонного типа с подводным лотком, расположенным в тангенциальном направлении. Днище отстойника оборудовано радиальными ребрами, выполненными в виде двускатных поверхностей в окружном направлении, что обеспечивает надежное сползание осадка со всей площади в радиальные каналы. Отстойник имеет систему гидросмыва осадка, выполненную в виде труб с соплами. Трубы с соплами попарно соединены в секции и размещены вдоль стенок каналов. Собранный в каналах шлам смывается к центру водой, подаваемой из сопел, и попадает в шламосборник. Смыв осадка из каналов производится периодически путем последовательной подачи воды в каждую из секций. Определены значения критической скорости для перемещения по дну канала частиц окалины, диаметра сопел, расхода и необходимого напора транспортирующей

жидкости (полученные данные необходимы при проектировании предложенного первичного отстойника).

Технико-экономические расчеты показали, что при реализации одного из вариантов трехступенчатой схемы очистки ориентировочные капитальные затраты для строительства комплекса сооружений составляют около 53000 тыс. грн, двухступенчатой – около 29000 тыс. грн. Таким образом, применение двухступенчатых схем дает возможность в 1,5–2 раза уменьшить капитальные затраты и значительно сократить расход потребляемой электроэнергии. Например, для металлургических мини-заводов с общим расходом загрязненной воды от прокатного стана и МНЛЗ порядка 1700–2000 м<sup>3</sup>/час экономия расхода электроэнергии составит около 1 млн кВт·час в год.

В настоящее время применение указанных схем очистки особенно актуально при создании металлургических мини- и микроразоводов, строительство которых планируется в Украине.

## ВЫВОДЫ

Традиционные трехступенчатые схемы очистки сточных вод сортопрокатных станков и МНЛЗ требуют значительных капиталовложений и больших затрат электроэнергии.

УкрГНТЦ «Энергосталь» предлагает экономичную двухступенчатую схему оборотного водоснабжения ком-

плексов «МНЛЗ – сортопрокатный стан», включая системы водоснабжения металлургических мини- и микрозаводов.

Предложенная схема позволяет отказаться от промежуточной ступени очистки и дает возможность в 1,5–2 раза уменьшить капитальные затраты, значительно сократить расход потребляемой электроэнергии при эксплуатации системы (экономия составляет около 1 млн кВт·час в год для металлургического мини-завода при расходе воды приблизительно 1700–2000 м<sup>3</sup>/час).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОРД 14.397-2.02-87 Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Очистные сооружения и защита водоемов.
2. Симон, Р. Обратное водоснабжение на металлургическом заводе / Р. Симон // Iron and Steel Engineering. – 1978. – № 2. – Р. 42–49.
3. Вигдер, Я. Обратное водоснабжение в черной металлургии / Я. Вигдер // Черные металлы. – 1983. – № 23. – С. 16–19.
4. Lattuf, W «Sigor's scale handling and Water treatment plant» / W. Lattuf // Iron and Steel Engineering. – 1975. – № 5. – Р. 36–46.
5. Разработка двухступенчатой схемы очистки окалиносо-держащих сточных вод МНЛЗ и сортопрокатных станов: отчет о НИР УкрГНТЦ «Энергосталь»; рук. З.С. Музыкаина, С.И. Эпштейн. – Х.: 1995. – 118 с.– ГР 0195 и 014698.– Арх. № 03359

*Поступила в редакцию 15.04.2009*

Запропоновано економічну двоступеневу схему оборотного водопостачання комплексів «МБЛЗ – сортопрокатний стан», включаючи системи водопостачання металургійних міні- та мікрозаводів.

Розроблено конструктивні рішення первинних відстійників гідроциклонного типу. Застосування двоступеневої схеми очистки дозволяє зменшити виробничі площі, які займають очисні споруди, знизити капітальовкладення та значно скоротити енерговитрати при експлуатації систем водопостачання.

The economical two-stage circulating water supply scheme for «Continuous casting machine – shape mill» complexes, including water supply systems of steel mini- and microplants is proposed. Design of primary settling tank of hydrocyclonic type is developed. Application of the two-stage purification enables reducing plant space for cleaning constructions, lowering capital investments and considerably decreasing energy consumption during water supply systems operation.