



Ф. П. ГАМИДОВ, РУП «БМЗ»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Краткое описание схемы водоснабжения

Источником водоснабжения РУП «БМЗ» является речная вода, поступающая от заводского водозаборного узла технической воды, расположенного на р. Днепр.

Схема водоснабжения завода – оборотная, включающая в себя восемь оборотных циклов «чистой» воды и два оборотных цикла «грязной» воды. Один оборотный цикл «грязной воды» является объединенным и состоит из шести оборотных систем. Система водоснабжения завода – спринклерная. Это достигается схемой обработки воды.

Техническая вода обрабатывается по схеме:

- декарбонизация (известкование) с коагуляцией хлорным железом;
- флокуляция полиэлектролитом и осветлителем в реакторе декарбонизатора;
- фильтрование на механических фильтрах;
- умягчение на натрийкатионитовых фильтрах.

Указанная ВПУ является централизованной для подготовки химически очищенной воды для котельной и всех оборотных контуров охлаждения завода. Для утилизации осадка установлены обессоливающая и выпарная установки. Для очистки воды от взвешенных веществ и одновременной ее декарбонизации применяются реакторные очистные установки. Взвешенные и коллоидные вещества, находящиеся в воде, коагулируют и седиментируют при добавлении химических реагентов. Обработка воды известью выделяет и переводит в осадок карбонат кальция и гидрооксид магния. Реакторные очистные установки работают по принципу циркуляции шлама, для увеличения поверхности контакта шлама и улучшения использования реагентов. Реактор декарбонизации представляет собой круги и бассейн, в котором находятся ферма со скребками для сбора шлама, шнека для смешивания реагентов с водой и шламом и зоны смешивания, реакции и осаждения. В зоне смешивания осуществляется перемешивание реагентов (известкового молока и полиэлектролита) с сырой водой и циркуляционным контактным шла-

The source of water supply of the plant is river water. The schema of the plant water supply is circulating, including the circulating cyclic processes of "pure" water and circulating cyclic processes of muddy water. The water supply system is sprinkler.

The river water is processed under the schema:

Partial softening – at the facility of decarbonization;

Softening – in sodium cation unit.

The saline water after regeneration setting of chemical unit are processed at osmotic setting.

The perspective of the water economy includes the modernization of the block of preliminary purification of the saline outflows and osmotic setting.

УДК 628.1

мом. Зона смешивания расположена в центре и оснащена регулируемой мешалкой, которая перемешивает 1–4-кратное количество контактного шлама по отношению к сырой воде. В зоне реакции, окружающей зону смешивания, происходят реакции коагуляции и осаждения.

Большое количество воды с образовавшимися хлопьями при помощи мешалки несколько раз проходит через зону реакций и вытесняется в зону осаждения поступающей водой. В зоне осаждения хлопья взвешенных веществ образуют шламовую подушку, которая действует как фильтрующий слой, в результате чего осаждаются также и небольшие хлопья с небольшой скоростью осаждения. Осевший шлам скребками направляется в зону откачки, откуда шламовыми насосами подается в смеситель. Избыточное количество образовавшегося шлама периодически, шламовыми насосами, подается в сгуститель шлама. Осветленная и умягченная вода с незначительным количеством взвешенных веществ собирается в лотки и по трубопроводу поступает в сборный резервуар чистой воды качества «В».

Оборотные системы водоснабжения электро-сталеплавильного цеха

Оборотное водоснабжение электросталеплавильного цеха (ЭСЦ-1) включает в себя открытые и закрытые системы водоснабжения, которые обеспечивают бесперебойную работу ЭСПЦ. Оборотное водоснабжение обеспечивает постоянный съем тепла и его утилизацию и состоит из следующих циклов:

- оборотный цикл водоснабжения установки производства сжатого воздуха и кислородной станции (КО-1 открытый);
- оборотный цикл водоснабжения элементов печи и трансформаторов (КО-2 закрытый);
- оборотный цикл водоснабжения газопровода горячего электропечей и утилизации тепла (КО-3 закрытый);
- оборотный цикл водоснабжения кристаллизаторов (КО-5½ закрытый);
- оборотный цикл охлаждения оборотной воды кристаллизаторов (КО-5 открытый).

Оборотный цикл водоснабжения установок производства сжатого воздуха и кислородной станции (открытый контур)

Охлажденная до температуры 30°C вода в бассейне Н 8233 ТК насосами Н 8231 1PU поступает потребителям на станцию производства сжатого воздуха; установку для производства кислорода; печную гидравлику в ЭСПЦ; теристоры печей в ЭСПЦ.

От потребителей вода, нагретая до 40°C, поступает на вентиляционную градирню Н 8233 НС, состоящую из четырех секций, три из которых работают, одна в резерве.

Охлажденная вода собирается в бассейне объемом 100 м³. Подпиточная вода (потери воды на испарение, каплевынос в градирне и продувка) автоматически дозируется в бассейн градирен при падении определенного уровня в градирне. По проекту количество подпиточной воды составляет 10 м³/ч.

Открытая оборотная система охлаждения КО-1 имеет автономную установку дозирования реагентов.

Установка включает в себя емкости и насосы для дозирования:

- ингибитора коррозии Налко 73361;
- ингибитора натрия;
- микробицида Налко 73500.

Дозировка ингибитора производится непосредственно в бассейн градирни.

Для уничтожения микроорганизмов применяют довольно сильный окислитель — гипохлорит натрия.

Оборотный цикл водоснабжения элементов печи КО-2

Оборотный охладительный контур водоснабжения КО-2 относится к закрытым системам охлаждения отдельных элементов печи, а именно:

- стенки горелки;
- крышки печи, несущее устройство;
- несущее устройство для электродов, трансформаторов.

Нагретая до температуры 63°C вода из бассейна центробежными насосами подается в воздушные охладители. Воздушный охладитель представляет собой охладительный узел с двумя вентиляторами. В зависимости от температуры охлаждающей воды термореле ступенями подключает по два вентилятора. Охлажденная до температуры 47°C вода направляется потребителям.

Закрытый контур охлаждения отдельных элементов печи работает на смягченной воде (качество «С») и подпиточная вода подается того же качества. Защита контура от коррозии осуществляется ингибитором Налко 73361.

Оборотный цикл водоснабжения кристаллизаторов (КО-5½)

Закрытый контур предназначен для охлаждения оборотной воды первичного и третичного контуров, а также для гидравлических установок при установке непрерывного литья заготовок.

От потребителей, нагретая до 50°C, вода подается в две емкости объемом 15 м³ каждая, а затем насосами — в теплообменник для отдачи тепла. Охлажденная вода поступает к потребителям: первичные зоны до 42°C и третичные зоны охлаждения МНЛЗ.

Наполнение системы производится смягченной водой качества «С».

Для защиты оборотного цикла от коррозии применяют ингибитор Налко 73361. Подача воды непосредственно на кристаллизаторы производится посредством шлангов.

Оборотный цикл охлаждения оборотной воды кристаллизаторов (КО-5)

Открытый контур охлаждения предназначен для охлаждения оборотной воды вторичного контура, а также гидравлических установок МНЛЗ. Насосы оборотной воды подают из резервуара холодной воды охлажденную воду с максимальной температурой 32°C в два теплообменника. При прохождении через теплообменники охлаждающая вода подогревается на 10°C и поступает на охлаждение в градирню, затем в бассейн холодной воды. Так как в градирне в систему охлаждающей воды попадают загрязнения из воздуха, то около 10% (150 м³/ч) перекачиваемого потока очищается в фильтре части потока.

Открытый оборотный цикл водоснабжения работает на воде качества «В». Подпиточная вода, которая нужна для пополнения потерь на испарение и каплевынос, а также для продувки оборотного цикла, подается автоматически в зависимости от уровня бассейна холодной воды.

Защиту оборудования и сооружений оборотного цикла производят путем дозирования ингибитора коррозии в подпиточную воду. Для уничтожения микроорганизмов применяют гипохлорит натрия, дозировка которого производится вручную.

Оборотные системы водоснабжения сортопрокатного цеха

В составе контуров охлаждения сортопрокатного цеха (СПЦ) находятся закрытые и открытые контуры охлаждения.

Закрытые контуры охлаждения предназначены для обеспечения водой повышенного качества потребителей СПЦ, которые служат для охлаждения отработанных газов печи с шагающим подом; охлаждения электродвигателей, гидравлики и маслостанций.

КО-4

В печи с шагающим подом для дымовых газов предварительного нагрева воздуха расположен теплообменник отработанных газов, служащий для получения горячей воды. Теплопередача осуществляется за счет конвекции. Система регенерации тепла расположена в бассейне в обход газова — дымохода.

Таким образом, получается возможность полного или частичного использования тепла отработанных газов.

Система оборотного водоснабжения состоит из циркуляционных центробежных насосов обратного смешивающего клапана, расширительного бака и теплообменника для отходящих газов. Кроме того, в состав оборудования входит отсасывающая воздуходувка.

Количество отработанной воды рассчитано так, чтобы во время пикового режима печи отработанный газ можно было охлаждать до 250°C. При этой температуре естественная тяга дымохода не в состоянии удержать необходимое разрежение в печи на соответствующем уровне, поэтому за теплообменником устанавливается осаждающая воздуходувка. Температура воды на входе 115°C, на выходе 140°C поддерживается примешиванием оборотной воды.

В случае, когда тепловая сеть не в состоянии поглощать вырабатываемые мощности, повышается температура тепловой сети выше 110°C. Система несущих труб печи с шагающим подом имеет автономный цикл водоснабжения. Теплопередача осуществляется за счет теплопроводности.

Нагретая до 150°C вода от системы подвесных труб через трехходовой клапан (с примешиванием оборотной воды насосами) подается в систему подвесных труб. В летнее время отвод энергии осуществляется через воздухоохладитель.

КО-7 предназначен для охлаждения электродвигателей, гидравлики и маслостанций СПЦ и является закрытым. В качестве подпиточной используется вода качества «С». Количество подпиточной воды составляет 0,1–0,2 м³/ч. Стабилизационная обработка воды КО производится ингибитором коррозии.

Нагретая до 40°C вода после потребителей поступает на воздушный охладитель. Охлажденная до 33°C вода насосами вновь подается потребителям. Для поддержания постоянного давления воды в контуре охлаждения предусмотрен расширительный бак.

Постоянство перепада температур до и после охлаждения поддерживается автоматически, при помощи регулятора температуры.

При повышении температуры воды включается дополнительный вентилятор, при понижении температуры воды лишний вентилятор выключается.

Открытые контуры охлаждения

Водоснабжение прокатного стана осуществляется несколькими открытыми контурами охлаждения (КО), которые обеспечивают охлаждение загрузочных и возвратных рольгангов, стационарных балок печи и гидросмыв окалины — контур охлаждения №4 (КО-3); охлаждение валков, проволочки, гидросмыв окалины — контур охлаждения №8–9 (КО-8–9); охлаждение клетей —

контур охлаждения №10 (КО-10); охлаждение прутков — контур охлаждения №11 (КО-11); гидросмыв окалины — контур охлаждения №12 (КО-12).

В состав очистных сооружений и аппаратов СПЦ входят горизонтальный отстойник с ямой для окалины; вторичный трехсекционный горизонтальный отстойник; циркуляционная насосная станция; установка гравийных фильтров; сгуститель; реагентное хозяйство; вентиляторные градирни; бункер обезвоживания.

Характеристика оборудования

Загрязненная окалиной и маслом вода от потребителей СПЦ по каналу окалины поступает на первую степень очистки в яму для окалины горизонтального отстойника. Осветленная вода в количестве 450 м³/ч насосами подается в гидросмыв окалины, остальная вода насосами — на вторую ступень очистки в трехсекционный горизонтальный отстойник, откуда самотеком осветленная вода поступает в бассейн горячей воды. Маслосборными устройствами с поверхности горизонтальных отстойников собираются масла, которые направляются в маслоотделитель, откуда вода поступает в первичный отстойник, а собранное масло направляется на утилизацию. Окалина из горизонтальных отстойников поступает в бункер обезвоживания. Из бассейна горячей воды вода насосами подается на вентиляторы градирни, где охлаждается. Часть горячей воды насосами подается на гравийные фильтры — третью ступень очистки, затем поступает на градирни. Охлажденная вода насосами подается потребителям контуров охлаждения.

Очистка сточных вод

Все загрязненные сточные воды проходят различные стадии локальной очистки на отдельных участках производства. Окончательная обработка сточных вод до требуемых для возврата в оборотное водоснабжение норм производится на участках водоподготовки энергетического цеха.

Сточные воды, в частности самые засаленные, очищаются на установке водоподготовки №2 ЭНЦ до норм декарбонизованной воды (качество «В») и возвращаются далее в цикл — на подпитку открытых контуров охлаждения. В результате снижения потребителями речной воды уменьшаются затраты на подпитку декарбонизованной воды.

На установку водоподготовки №2 ЭНЦ поступают засоленные сточные воды 2-й очереди завода, образующиеся от продувок котлов, закрытых и открытых контуров охлаждения, нейтрализованные сточные воды от химического блока. Качественный и количественный состав стоков не постоянный, для стоков характерно большое содержание солей сульфатов — 2000–3000 мг/л, хлоридов — 2000–3000 мг/л, проводимость стоков — до 10 000 мкСм/см.

После очистки образующийся пермеат имеет следующий химический состав: проводимость — 140 мкСм/см; хлориды — 30 мг/л; сульфаты — 82 мг/л.

Высокая эффективность очистки засоленных стоков достигается за счет использования мембранного метода очистки на установке обратного осмоса водоподготовки №2.

Важным условием эффективной очистки сточных вод на установке обратного осмоса является их предварительная очистка для снижения содержания железа, кальция, взвешенных веществ в реакторе предварительной очистки. Следующий этап — прохождение воды через гравийный и угольный фильтры. После тонкой очистки от взвешенных и коллоидных веществ на патронном фильтре (меньше 10 мкм) сточная вода подается на модули обратноосмотической установки обессоливания, где стоки разделяются на пермеат-очищенную воду и концентрат. Пермеат поступает в резервуар декарбонизованной воды, а концентрат — на двухкаскадную выпарную установку с принудительной циркуляцией, где выпаривается. Выпаренные соли и обезвоженный шлам реактора предочистки после обработки на фильтр-прессе вывозятся на полигон промышленных отходов.

Если первая стадия очистки сточных вод в реакторе предочистки является типичной для очистных сооружений, то последующая очистка на установке обратного осмоса уникальна. Дело в том, что в мировой практике мембранный метод очистки воды на обратноосмотических установках применяется в основном для опреснения морской воды и получения особо чистых вод из артезианской или речной воды, когда солевой состав исходной воды постоянен.

Данная установка к тому же обладает рядом преимуществ:

- высокая степень очистки сточных вод — 99,5%;
- обработка стоков с большим содержанием — до 10 000 мкСм/см;
- выход чистой воды — 75%;

мембранная очистка безреагентная, не приводит к образованию осадков-шламов, требующих утилизации или захоронения.

Как было сказано выше, применение мембранного метода для очистки сточных вод завода является уникальным и перспективным. Но сточная засоленная вода не имеет постоянного качественного состава, наблюдались пиковые концентрации сульфатов и хлоридов до 5000 мг/л. Поэтому опыт работы на обратноосмотических установках с применением ацетатцеллюлозных мембран выявил ряд их недостатков и трудностей в технологии очистки засоленных стоков.

Проведенный анализ быстрого выхода из строя ацетатцеллюлозных мембран показал, что, во-первых, установки монтировались в 1985 г. и

были рассчитаны на гораздо лучший по качественному и количественному состав засоленных стоков (в связи с последующим вводом новых агрегатов в сталепроволочном цехе состав стоков значительно ухудшился); во-вторых, ацетатцеллюлозные мембранные элементы сильно подвержены воздействию бактерий, что требовало постоянного дозирования гипохлорита натрия и консервации мембран даже при незначительном простое, у них узкий диапазон рабочего pH (5–6) и промывочных растворов. Незначительные отклонения в работе или промывке и выходе за рабочий диапазон приводили к быстрому износу мембран вследствие их гидролиза.

Для тяжелой засоленной сточной воды с изменяющимися параметрами правильным выбором для очистки стоков на обратноосмотических установках является применение полиамидных мембран такого типа, как BW 30-365.

Опыт работы водоподготовки ЭНЦ показывает, что только этот тип мембран позволяет работать стабильно и с наилучшей производительностью. Применение правильно подобранных антискалантов под этот тип мембран обеспечивает ряд преимуществ в работе установки обратного осмоса, полиамидные мембраны устойчивы к бактериологическому загрязнению стоков, имеют более широкий рабочий диапазон pH (4–10), а также широкий диапазон pH очистки моющими растворами (2–12).

Остановимся на принципе очистки стоков с помощью мембранных методов.

Мембранные методы разделения смесей основаны на избирательной пропускной способности пористых тел — свойстве пористых тел пропускать предпочтительнее одни вещества, чем другие. В соответствии с движущей силой переноса вещества мембранные методы подразделяются на диффузорные, электрические и гидродинамические. Явление обратного осмоса относится к гидродинамическому методу. При этом способе разделения используются фильтрационные, микропористые (полунепроницаемые) мембраны на основе полимеров. Для преодоления их сопротивления нужно давление до 10 МПа. Кроме сопротивления мембраны, в процессе разделения необходимо преодолеть действие осмотического давления, направленного в другую сторону и стремящегося уравнивать давление в концентрате и пермеате.

Установка обратного осмоса состоит из трех блоков, каждый из которых имеет производительность по питающей воде 25 м³/ч. Каждый блок состоит из насоса высокого давления, напорных труб с мембранными элементами, контрольно-измерительных приборов. Элементы обратного осмоса расположены тремя ступенями для достижения выхода чистой воды 80–85%, на эксплуатируемом в ЭНЦ блоке при переходе на работу с полиамидными мембранами был уста-

новлен выход пермеата — 75%. При эксплуатации установка имеет следующие параметры: давление насоса — 36 бар; давление на выходе в 1-ю ступень — 29 бар; проводимость очищенной воды — 12 мкСм/см; температура стоков — 25°C; количество пермеата — 18 м³/час; количество концентрата — 6 м³/ч.

При эксплуатации установки происходит изменение эксплуатационных параметров (температуры, солесодержания, расхода пермеата, загрязнения мембран).

Установлено, что производительность мембран по очищенной воде снижается при следующих изменениях операционных параметров:

- понижение температуры питающей воды без изменения давления питающего насоса;
- снижение питающего давления;
- увеличение обратного давления растворенного вещества без изменения давления питающего насоса;
- увеличение солесодержания (хлоридов, сульфатов) в питающей воде, так как это повышает осмотическое давление;
- загрязнение поверхности мембран;
- загрязнение питающей прокладки.

Количество пермеата (увеличение проводимости) снижается при следующих изменениях операционных параметров:

- увеличение температуры питающей воды при измененной доле пермеата;
- уменьшение количества пермеата;
- увеличение солесодержания исходной воды;
- загрязнение поверхности мембран;
- повреждение поверхности мембран.

За время эксплуатации полиамидных мембран, начиная с апреля 2003 г., операционные параметры работы обратноосмотической установки такие, как температура, концентрация хлоридов и сульфатов в засолённых стоках, а также питающее давление не изменялись. Однако изменения этих параметров не избежать, они являются нормальными. Недопустимо загрязнение и повреждение мембран.

Анализируя качественный состав стоков, поступающих на очистку мембранным методом, следует выявить основные вещества, загрязняющие и выводящие из строя мембраны, так как необходимо определить меры, предотвращающие это негативное воздействие. Для стоков ЭНЦ такими загрязнителями являются:

1. Оксиды трехвалентных металлов, в основном железа. Нормативное содержание их в сточной воде — меньше 0,05 мг/л. Превышение норматива приводит к возможности выпадения нерастворимых гидрооксидов железа и отложению их на мембранах. Норматив достигается путем осаждения трехвалентного железа в виде гидрооксида в реакторе предпочистки и дальнейшей очистки стоков на гравийных и угольных фильтрах.

2. Взвешенные вещества. Величина частиц должна быть меньше 10 мкм, содержание взвешенных — менее 0,6 мг/л. В противном случае происходит блокировка мембран, увеличение гидростатического сопротивления. Для удаления взвешенных частиц (меньше 10 мкм) используется патронный фильтр с катриджами. Катриджи фильтра должны своевременно заменяться и промываться по достижению заданного перепада давления в фильтре.

3. Карбонат кальция. Содержание кальция в сточной воде не должно быть более 5 мг-экв/л (100 мг/л), индекс Ланжье должен быть отрицательным. Для предотвращения выпадения солей кальция карбонатная жесткость переводится в некарбонатную с помощью дозирования соляной кислоты и поддержанием pH 7,5–8,0.

4. Сульфат кальция. Норматив содержания кальция — меньше 5 мг-экв/л. Поскольку в процессе концентрирования стоков превышает произведение растворимости сульфата кальция (становится большим чем 1,9·10⁻⁶) и появляется вероятность выпадения солей на мембранах, в стоки перед мембранами дозируется специально подобранный антискалант RP 1 400A. Установленная его дозировка — 7 мг/л обрабатываемых стоков.

5. Индекс блокировки после всех стадий очистки должен быть меньше 5 (SDI меньше 5), т.е. не должно быть коллоидов.

6. Не должно быть сильных окислителей (ХПК менее 3 мг/л).

Любые загрязнения мембран необходимо устранять посредством промывки системы или изменением рабочих условий при изменении следующих показателей работы установки:

1) снижение количества пермеата на 10–15% ниже номинального потока при неизменном давлении;

2) давление питающей воды с учетом температурного фактора повысилось на 10–15%.

3) количество пермеата снизилось на 10–15%, т.е. увеличилось содержание солей на 10–15%.

4) дифференциальное давление на установке повысилось на 15%.

Зная основные загрязняющие мембрану вещества, учитывая специфический характер загрязнений в процессе эксплуатации, внимательно наблюдая за рабочими параметрами обратноосмотической установки, можно подобрать основные моющие вещества для промывки мембран и даже разработать график промывок.

Характерными при эксплуатации осмотической установки ЭНЦ загрязнениями являются.

1. Отложения углекислого кальция проявляются в повышении дифференциального давления (Д.Р.) увеличением проводимости пермеата. Как

показывает опыт эксплуатации, осаждения углекислого кальция, обнаруженные на ранней стадии, могут удаляться посредством кратковременного снижения величины pH до 3–4 (около 2 ч). Более длительные осаждения CaCO_3 удаляются рециркуляцией через мембранные элементы лимонной кислоты с pH не менее 4 (кислотная промывка). На РУП «БМЗ» применяется специальный кислый раствор фирмы «Агбор Инженеринг» DL pH.

2. Осаждения сернокислого кальция могут наблюдаться при неисправности системы впрыска антискаланта или резко возросшей (пиковой) концентрации сульфатов в засоленных стоках, т.е. когда установленная доза антискалантов не справляется с избытком сульфатов. После осаждения на мембранах сульфатов их удаление происходит с трудом. Специальный раствор, используемый в таких случаях, — DCAL.

3. Осаждение оксидов металлов характеризуется быстрым увеличением проводимости пермеата, повышением Д.Р., снижением производительности системы. Эти загрязнения удаляются, как правило, теми же способами, что и осаждение CaCO_3 , т.е. DL pH.

4. Отложения из двуоксида кремния, как и коллоидные отложения, характеризуются постепенным увеличением Д.Р. и удаляются физическим смыванием или щелочной промывкой. На

РУП «БМЗ» применяется специальный моющий раствор DAFT.

5. Органические отложения ухудшают качества пермеата, удаляются специальными биоцидными растворами (High Flux).

6. Бактериологические загрязнения (микробиологический шлам и плесень) удаляются промывкой биоцидами, а также постоянным дозированием в систему раствора биоцида. Такой метод борьбы с биологическим загрязнением применяется на обратноосмотической установке ЭНЦ. Ежедневно, в течение 8–10 ч, в систему впрыскивается 3 мг/л стоков биоцида Microtreat BIO.

Таким образом, после замены ацетатцеллюлозных мембранных элементов на полиамидные и разработки соответствующей программы промывок, а также при соблюдении установленных параметров при дозировании антискаланта и соляной кислоты обратноосмотическая установка на водоподготовке ЭНЦ работает устойчиво, с заданным выходом чистой воды (пермеата).

На данный момент обратноосмотическая установка совместно с реактором предочистки выпарной установки концентрата позволяет в полном объеме очищать засоленные сточные воды 2-й очереди завода до требуемых норм и возвращать их в производственный цикл, обеспечивая тем самым бессточную систему водопользования.