Организаторы:

РОС ХИМ РЕАКТИВ
некоммерческое партнерство

ТРАВЕРС
химия профессионалов

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И ЯРМАРКИ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

V научно-практическая Конференция

«Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования»

29-30 октября 2013 г., г. Москва, "Экспоцентр"

Официальный сайт Конференции: www.promvoda.arhr.ru

При поддержке:

РТ

ОАО "ВТИ"

МЭИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Christmas®

Организаторы Конференции:

РОС ХИМ РЕАКТИВ
некоммерческое партнерство

ТРАВЕРС
химия профессионалов

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И ЯРМАРКИ

Поддержка Конференции:

РТ

ОАО "ВТИ"

МЭИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Christmas®

Информационные партнеры Конференции:

Журнал **«Новости теплоснабжения»**
Портал **«РосТепло.Ru»**: **www.rosteplo.ru**
Издательский дом «Панорама»: журнал **«Водоочистка»**
Информационно-издательский центр **«КХТ»**: журналы «Компрессорная техника и пневматика» и «Химическая техника»
Журнал **«Вода Magazine»**
Журнал **«Энергобезопасность и энергосбережение»**
Газета **«Энергетика и промышленность России»**
Журнал «Аква-Терм»
Журнал **«Водоснабжение и санитарная техника» (ВСТ)**
Журнал **«Вода: химия и экология»**
Журнал «Пищевая промышленность»
Журнал **«Коммунальщик»**
Журнал «Коммунальный комплекс России»
Журнал **«Промышленная энергетика»**
Журнал **«Председатель ТСЖ»**
Журнал **«Энергосбережение и водоподготовка»**
Журнал **«Промышленные регионы России»**
Портал **«INNOVANEWS.RU»**: **www.innovanews.ru**

V научно-практическая Конференция

«Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования»

Сборник докладов

29-30 октября 2013 г., г. Москва, «Экспоцентр»

Содержание

«Осадкообразование в рулонных обратноосмотических и нанофильтрационных элементах и способы его предотвращения» 4
Громов С.Л., к.т.н., ООО «АКВАРЕКОН»

Эксплуатация систем обратного осмоса: новые разработки для снижения эксплуатационных затрат 9
Первов А.Г., д.т.н., профессор кафедры водоснабжения МГСУ, Андрианов А.П., доцент, к.т.н., доцент кафедры водоснабжения МГСУ

Подбор реагентов для ВОЦ при использовании продувки ВОЦ в качестве исходной воды для ХВО подпитки котлов 14
Парилова О.Ф., Макаров Р.И. - ЗАО «Ионообменные технологии»
Рудакова Г.Я. – НПФ «Траверс»

Схема комбинированной работы систем оборотного охлаждения и водоприготовления, 19
Малахов И.А. д.т.н., профессор, академик Международной Академии Экологии, Малахов Г.И. – ООО «Энергоэкосервис»

Влияние применения коагулянтов и флокулянтов нового поколения на снижение износа оборудования очистных сооружений и систем водоснабжения 24
Шалимова Е.В., Усенко А.Г. - ООО «Аквател Холдинг»

Опыт внедрения динамических осветлителей при очистке природных и сточных вод 28
Балаев И.С., Кучма Г.Г., Репкин М.В., Ханларов Г.В., Мельников И.А. - ЗАО НПП «Объединенные водные технологии»

Рациональное использование воды на основе технологии обратного осмоса для водоподготовки и очистки сточных вод 38
Первов А.Г., Матвеев Н.А (каф. Водоснабжения МГСУ)

Новое в технологиях аналитического химического контроля для обеспечения водно-химических режимов теплотехнического оборудования 45
Муравьев А.Г., к.х.н., директор производственно-лабораторного комплекса - ЗАО «Крисмас+»

Технико-экономические показатели использования электрохимического способа водоподготовки на водоемких энергообъектах 50
Казимиров Е.К. - ООО «Азов», Казимиров О.Е. - ООО «Дизель»

Исследование проблем биокоррозии и биообрастаний в системах оборотного водоснабжения и технологии их предотвращения 62
Хасанова Д.И. - ОАО «Нижнекамскнефтехим», Сафин Д.Х. - ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

Организация водно-химического режима дистилляционных обессоливающих установок 66
Васина Л.Г., Богловский А.В., Горбунов А.В. – МЭИ

Оценка эффективности применения реагентов для защиты пароконденсатного тракта на примере котлов-утилизаторов ОАО «Славнефть-ЯНОС» 67
Гусева О.В., к.т.н., Зам. начальника отдела водоподготовки НПФ «Траверс»

Об опыте применения ПАВ-технологии в системе теплоснабжения г. Москвы 69
Куршаков А.В., вед. научн. сотр., к.т.н., НИУ МЭИ

Организация автоматизированной системы контроля качества сетевой воды в ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» 75
Горшков А.А., (СПбГПУ), ведущий инженер ООО «Евротехлаб», Рожков Р.Ю, к.т.н. (СПбГПУ), заместитель Главного инженера по режимам теплоснабжения ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга»

Применение реагентов для коррекционной обработки питательной котловой воды котлов различных давлений 79
Можаренко О.Н., зам. технического директора (Украина) - ООО «ТехЭнергоХим-Групп»

Результаты внедрения коррекционного ВХР паровых котлов ОАО «Каменская БКФ» 84
Зам. начальника отдела водоподготовки НПФ «Траверс», Гусева О.В., к.т.н., инженер-технолог отдела водоподготовки НПФ «Траверс» Почебыт В.А.

Технология обработки охлаждающей воды с применением ингибиторов марки ОПЦ 86
Хасанова Д.И., ОАО «Нижнекамскнефтехим», Сафин Д.Х., ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

Результаты многолетней реагентной обработки оборотной воды с целью предотвращения накипи, коррозии и биообрастаний в системах водяного охлаждения предприятия 91
Павлухина Л.Д. – ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», Беляева С.А., Малютина Н.Ю.

«Осадкообразование в рулонных обратноосмотических и нанофильтрационных элементах и способы его предотвращения»

Громов С.Л., к.т.н., ООО «АКВАРЕКОН»

Предотвращение образования осадков на поверхности мембран является одной из главных технологических задач, которая должна быть решена для обеспечения бесперебойной и экономичной эксплуатации обратноосмотических и нанофильтрационных установок с рулонными элементами.

Концентрирование исходного раствора в процессе разделения приводит к росту вероятности формирования осадков на поверхности мембранных элементов. По механизму образования указанные осадки традиционно подразделяются (в англоязычной литературе) на две группы:

- осадки, формируемые частицами твердой фазы, присутствовавшими в исходной воде в нерастворенном состоянии (взвешенные вещества, коллоиды, вирусы и бактерии); в этом случае осадок является результатом «засорения» поверхности мембраны и механизм его образования характеризуется англоязычным термином «fouling»;
- осадки, состоящие из малорастворимых соединений и образующиеся в результате фазового перехода (т.е.кристаллизации из раствора при достижении им состояния пересыщения); для определения механизма образования осадка в последнем случае используют термин «отложение» («scaling»).

Интенсивность процессов формирования осадка на мембранной поверхности по механизму «засорения» определяется значением SDI. Производители мембранных элементов рекомендуют корректировать допустимые значения удельного съема пермеата с единицы поверхности мембранного элемента в зависимости от значения SDI воды, поступающей на вход в УОО или УНФ. Поэтому вполне оправданным является стремление на стадии предподготовки обеспечить максимально возможную степень удаления взвесей из воды, подаваемой на УНФ или УОО.

Очевидным является тот факт, что использование ультрафильтрации для предподготовки воды перед УОО или УНФ позволяет в максимальной степени удалять вещества, содержащиеся в воде в нерастворенном состоянии, резко снижая риск осадкообразования в рулонных мембранных элементах по механизму «засорения». Но это не единственный положительный эффект, обусловленный применением ультрафильтрации для целей предподготовки воды перед обратным осмосом.

В случае использования ультрафильтрации на стадии предварительной обработки воды создаются благоприятные условия и

для предотвращения осадкообразования по механизму формирования «отложений».

Для предотвращения «отложений» в рулонных ОО и НФ элементах чаще всего прибегают к таким методам обработки как предварительное умягчение воды, ее подкисление, а также дозирование ингибиторов процесса кристаллизации малорастворимых соединений.
На протяжении долгого периода времени считалось, что:

- подкисление это наиболее дешевый метод обработки и предпочтительный для применения во всех случаях, когда с его помощью можно добиться желаемого эффекта;
- ингибирование хотя и является комплексной мерой воздействия, тормозящей процессы кристаллизации всех видов малорастворимых соединений, а также веществ, способных оказать каталитическое воздействие на окисление селективного слоя современных тонкопленочных композитных и нанокомпозитных мембран, требует существенно меньших капитальных затрат, чем умягчение, но уступает ему в эффективности предотвращения карбонатных и сульфатных отложений солей жесткости;
- умягчение, будучи наиболее затратным и экологически рискованным вариантом, по эффективности предотвращения карбонатных и сульфатных отложений солей жесткости не имеет себе равных.

Однако, подкисление и умягчение неизбежно сопровождаются ростом затрат на реагенты (кислоту и щелочь) для регенерации ионитов в тех случаях, когда УНФ и/или УОО предшествуют в технологических схемах ионообменному оборудованию. Серьезным недостатком обоих из упомянутых методов следует признать избирательный характер воздействия (снижая риски формирования отложений солей поливалентных металлов, оба метода практически не способны воспрепятствовать образованию силикатных депозитов).

Поэтому в течение последних 10-15 лет препараты (т.н. «ингибиторы отложений», «анти-скаланты»), способные замедлить процесс формирования кристаллических структур малорастворимых соединений, заняли доминирующие положение в практике нанофильтрации и обратного осмоса, оставив, можно сказать, только «ниши» для применения подкисления и умягчения.

Практический опыт, накопленный компаниями-производителями ингибиторов отложений, позволяет им утверждать, что высокоэффективные ингибиторы (под которыми, как правило, подразумеваются вещества, основанные на аминотриметиленфосфонатах, аминометиленфосфонатах, 1-гидроксиэтилиден-1,1- дифосфоновой кислоте или 2-фосфонбутан-1,2,4-трикарбоксиловой кислоте [1]) , способны противодействовать процессам

кристаллизации в каналах нанофильтрационных и обратноосмотических рулонных мембранных элементов.

По данным компаний-производителей ингибиторов для УНФ и УОО, применение эффективных ингибиторов позволяет отсрочить момент наступления массовой кристаллизации твердой фазы из раствора, находящегося в насыщенном (или пересыщенном) состоянии, на 2-4 часа в обычных условиях. Этого времени вполне достаточно, чтобы поток концентрата покинул пределы УОО без массового образования малорастворимых соединений в спиральных каналах рулонных элементов, где имеются практически идеальные условия для процесса кристаллизации из пересыщенных растворов.

В Таблице 1 приведены предельно допустимые значения индекса Ланжелье, концентраций железа и алюминия, а также показателей пересыщения ряда малорастворимых солей, для которых подтверждена эффективность ингибиторов, основанных на аминометиленовых соединениях фосфоновых кислот.

Таблица 1.

Наименование индекса или вещества	Ед. измерения	Значение
LSI		+ 2,6
Fe	мг/дм^3	1
Al	мг/дм^3	1
SiO_2	%	250 (при условии применения специального ингибитора!)
$CaSO_4$	%	230
$SrSO_4$	%	6000
$BaSO_4$	%	6500

Отметим, что дозы ингибиторов отложений необходимо рассчитывать с учетом концентраций поливалентных металлов, содержащихся в обрабатываемой воде (прежде всего железа, алюминия и марганца, как наиболее распространенных).

Совместные анализы результатов лабораторных экспериментов, пилотных испытаний и эксплуатации УОО на Новочеркасской ГРЭС позволили сделать следующие выводы:

- соли жесткости и соединения поливалентных металлов вносят решающий вклад в формирование отложений на поверхности мембран;
- использование ингибиторов процессов формирования малорастворимых соединений позволяет обеспечить показатели предотвращения осадкообразования в рулонных элементах, сопоставимые по эффективности с применением предварительного умягчения исходной воды;
- на эффективность работы ингибиторов существенное влияние оказывает содержание высокодисперсных взвесей в обрабатываемой воде.

Если в растворе, находящемся в метастабильном состоянии пересыщения, будут присутствовать нерастворимые взвеси с размерами частиц, не меньшими, чем значение критического радиуса зародыша, то такие частицы неизбежно превращаются в центры кристаллизации. Использование ультрафильтрации на стадии предподготовки перед УНФ и УОО с рулонными мембранными элементами позволяет существенным образом снизить риски присутствия «затравки» в растворе и, соответственно, повысить эффективность применения ингибиторов солеотложений.

Необходимость соблюдения указанных выше рекомендаций приводит к существенным затратам на стадии предподготовки перед установками МРРЭ, что в свою очередь сказывается как на росте эксплуатационных расходов на обработку воды, так и капитальных затрат при создании установки. К тому же могут возникать сложности со сбросом стоков (концентрата), содержащих ингибиторы процессов солеотложения и/или биоциды.

Альтернативным решением, позволяющим эффективно использовать достоинства процессов нанофильтрации и обратного осмоса, является технология вибрационного мембранного разделения (ВМР) [2]. Она практически не требует предподготвки воды перед ее подачей на мембранные элементы и тем самым резко снижает уровень эксплуатационных расходов, а также капитальных затрат, ассоциированных с созданием установки (строительство зданий и инженерных коммуникаций, оборудование для стадии предподготовки).
Применение технологии ВМР позволяет обеспечить эффективное перемешивание в первую очередь именно в пограничном слое. В результате снижается негативное воздействие эффекта концентрационной поляризации и минимизируются риски образования отложений на поверхности мембран.

Следствиями последнего обстоятельства являются: - возможность обработки исходных жидкостей с высоким содержанием взвешенных веществ непосредственно на установках ВМР (без предочистки); - отсутствие необходимости применения ингибиторов солеотложения в процессах нанофильтрации и обратного осмоса; - возможность достижения высоких значений гидравлического к.п.д. (отношение расхода пермеата к расходу исходной жидкости, выраженное в процентах) при использовании единственного модуля ВМР.

В Таблице 2 в качестве примера приведены данные о работе установки ВМР с нанофильтрационными мембранными элементами.

Таблица 2.

Показатели	Единицы измерения	Значение	
		исходная вода	пермеат
Нефтепродукты	мг/л	635	Не обнаружено
Взвешенные твердые вещества	мг/л	2080	Не обнаружено
Солесодержание	мг/л	8230	1640
pH		10	10
Эл. проводимость	μS	-	2620 μS
ХПК	мгO_2/л	46000	22000
Температура	^{o}C	28	28

В заключение отметим, что в соответствии с мировым опытом, залогом успешной реализации при минимальных затратах любого проекта с применением современных технических решений является обращение потребителя к опыту компетентных и независимых консультантов на всех этапах выполняемых работ.

Литература

1. Severtson S.J., Duggirala P.Y., Carter P.W., Reed P.E. – Mechanism and chemical control of $CaCO_3$ scaling in the craft process – TAPPI Journal, v. 82, No 6, June 1999, p.30-37
2. Громов С.Л. – «Технология вибрационного мембранного разделения» - Водоснабжение и канализация, 2012, № 5-6, с. 77-80

Информация об авторе-докладчике

Громов Сергей Львович, ген. директор ООО «Акварекон», к.т.н., с.н.с., более 60-и публикаций в научно-технических изданиях, одна монография (в соавторстве), свыше 30-и патентов на изобретения.
Адрес эл. почты: slgromov@mail.ru
Моб. тел.: +7-985-765-57-44, адрес для переписки: 107392, Москва, ул. М. Черкизовская, д.22 кв.26

Эксплуатация систем обратного осмоса: новые разработки для снижения эксплуатационных затрат

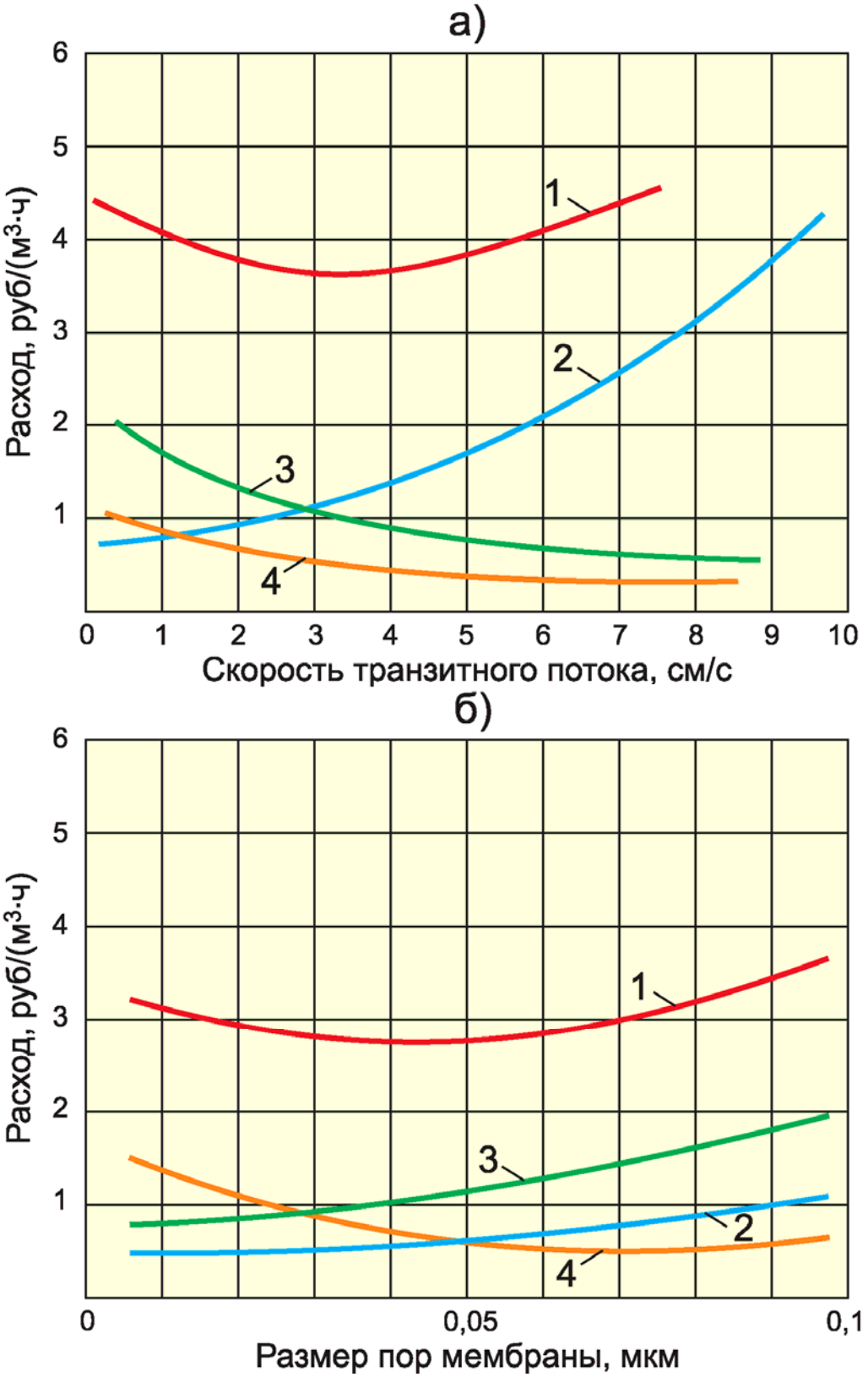
Первов А.Г., д.т.н., профессор кафедры водоснабжения МГСУ,
Андрианов А.П., доцент, к.т.н., доцент кафедры водоснабжения МГСУ

Показано, что структура эксплуатационных затрат систем обратного осмоса складывается из различных показателей, но в основном зависит от стоимости реагентов, требуемых для предочистки и расхода сбрасываемого концентрата. И сложность предочистки, и величина выхода фильтрата определяются опасностью загрязнения мембран – образования на них осадков коллоидных веществ и малорастворимых в воде солей – и затратами на их предотвращение. Представлены разработки специалистов кафедры водоснабжения МГСУ, позволяющие сократить затраты на потребление сервисных реагентов, многократно сократить расходы концентрата и упростить схему предочистки.

Для разработки систем предочистки с применением ультрафильтрации авторами проведены исследования по выбору оптимального размера пор мембран в зависимости от показателей мутности и цветности обрабатываемой воды, результаты которых позволяют обеспечить надежную работу установок ультрафильтрации при минимальном расходе воды на обратные промывки (Рис. 1).

Рис. 1. Оптимизация эксплуатационных затрат для установок с ультрафильтрационными мембранами в зависимости от скорости транзитного потока при циркуляционном режиме (*а*) и от размера пор мембран в тупиковом режиме (*б*): *1* – эксплуатационные затраты; *2* – затраты на электроэнергию; *3* – затраты воды на собственные нужды; *4* – затраты на химические промывки

Представлены методики проведения экспериментов по оценке эффективности ингибирующих веществ и моющих композиций, разработанных ИРЕА и Траверс (Рис. 2). На основе результатов проведенных исследований разработаны программы технологического расчета установок, подбора оптимальных типов мембран и условий эксплуатации мембранных установок.


а)
Расход, руб/(м³·ч)
6
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Скорость транзитного потока, см/с
1
2
3
4
б)
Расход, руб/(м³·ч)
6
5
4
3
2
1
0
0,05
0,1
Размер пор мембраны, мкм
1
2
3
4

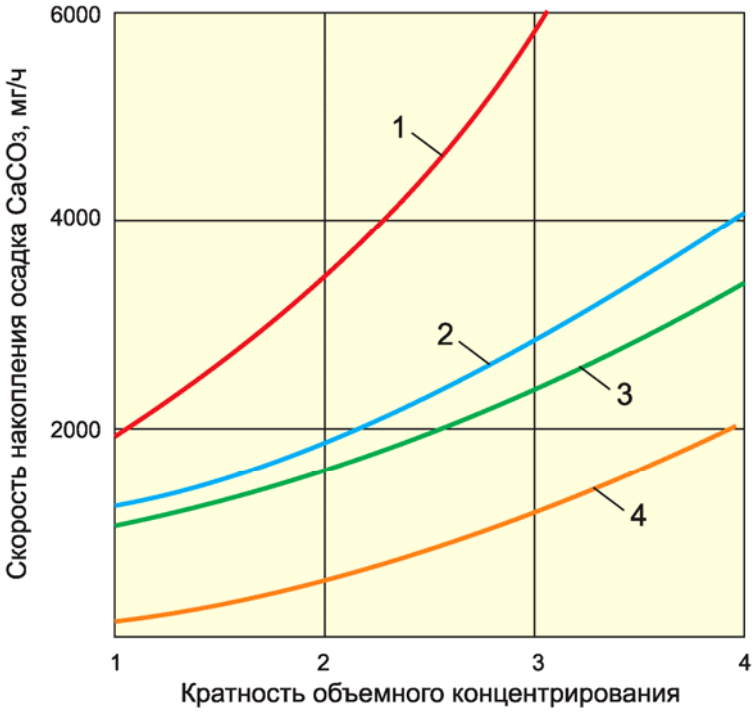


Рис. 2. Результаты сравнительных испытаний эффективности различных ингибиторов: *1* – московская водопроводная вода (без ингибитора); *2* – ингибитор Flocon («Biolab»); *3* – ингибитор «Permatreat 191» («Houseman»); *4* – ингибитор «Аминат-К»

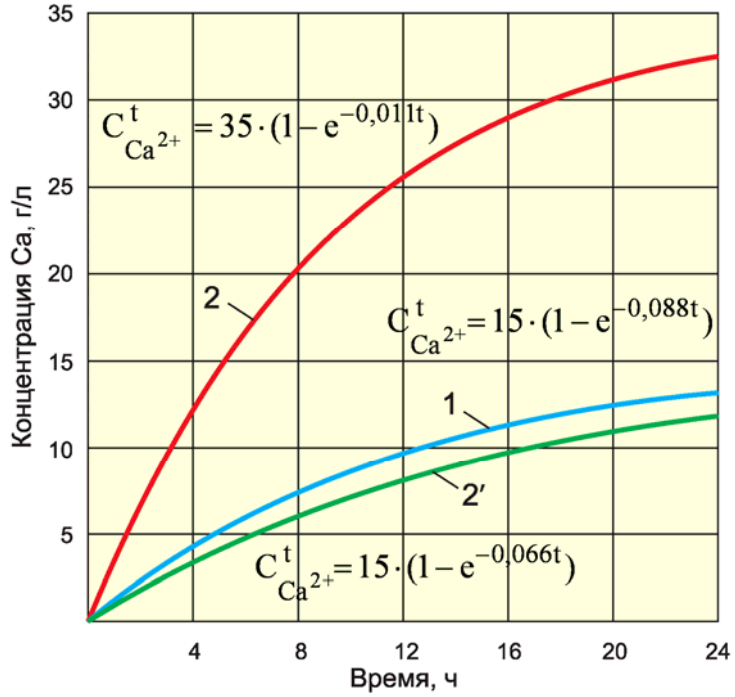


Рис. 3. Растворение отложений при одностадийной и двухстадийной промывке аппарата: *1* – линия отмывки аппарата в один прием (V = 330 л); *2, 2'* – линии отмывки аппарата в два приема (V = 100 л).

Наличие больших объемов концентратов установок обратного осмоса является серьезным препятствием для применения таких установок в схемах водоподготовки.

Разработана технология утилизации концентрата, в соответствии с которой содержащийся в воде карбонат кальция высаживается в реакторе на «контактной массе» «затравочных кристаллов». Объем концентрата составляет от 0,5 до 1% от общего объема очищаемой воды. Представлены технологические схемы процесса, схемы массового баланса, составы исходной воды, фильтрата и концентрата на разных ступенях очистки.

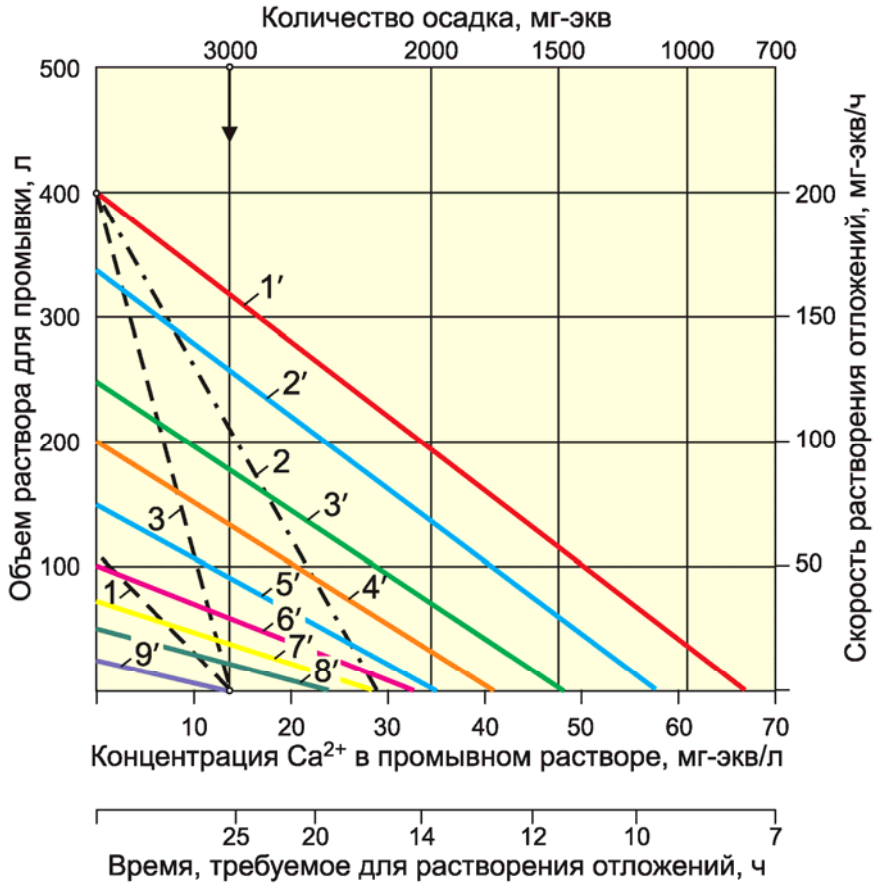


Рис. 4. Номограмма определения объема раствора и времени промывки аппаратов типа 4040: *1–3* – расчетные зависимости; *1–9'* – экспериментальные зависимости скорости растворения карбоната кальция от времени промывки.

В работе представлены технологические схемы водоподготовки для подпитки теплосетей и подготовки питательной воды паровых котлов с использованием разработанной мембранной технологии с утилизацией концентрата (Рис. 5, 6). Утилизация концентрата установок обратного осмоса состоит в том, что часть фильтрата используется для питания паровых котлов, а другая часть смешивается с концентратом, из которого удален карбонат кальция. Таким образом, из исходной воды без применения реагентов можно получать глубоко обессоленную воду и умягченную воду, используемую для подпитки теплосети, а также обезвоженный осадок и шлам.

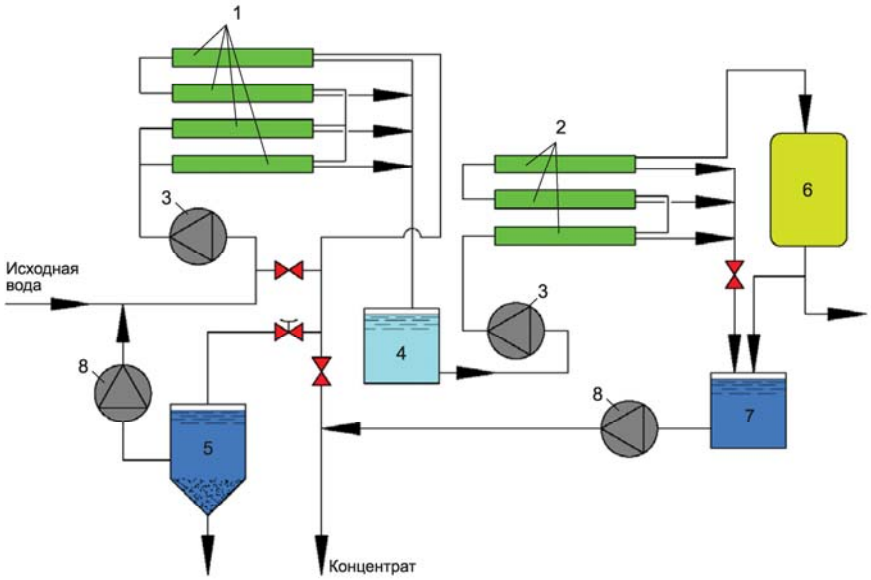


Рис. 5. Технологическая схема обессоливания поверхностной воды для подготовки питательной воды ТЭЦ без предочистки: *1* – мембранные аппараты с «открытым» каналом; *2* – мембранные элементы второй ступени; *3* – насосы высокого давления; *4* – бак сбора фильтрата первой ступени; *5* – бак сбора промывных вод; *6* – фильтр смешанного действия; *7* – бак сбора регенерационного раствора; *8* – насосы.

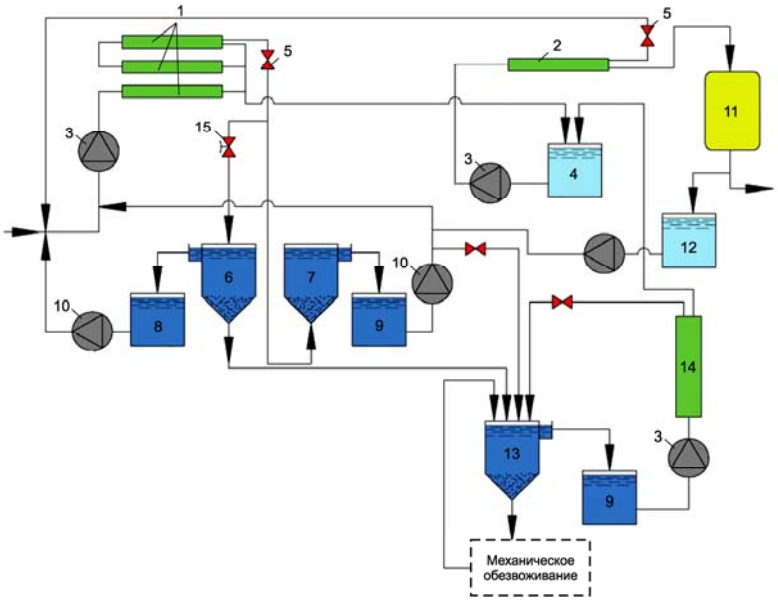


Рис. 6. Технологическая схема безреагентной бессточной подготовки питательной воды котлов с утилизацией концентрата установки обратного осмоса: *1* – мембранные аппараты с «открытым» каналом; *2* – мембранный аппарат второй ступени; *3, 10* – насосы; *4* – бак сбора фильтрата первой ступени; *5* – регулирующие вентили; *6* – бак-отстойник сбора промывной воды; *7* – реактор умягчения; *8*, *9* – баки отстоянной воды; *11* – ФСД; *12* – бак сбора регенерационного раствора; *13* – отстойник; *14* – мембранный аппарат концентрирования; *15* – магнитный клапан гидравлической промывки

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-5757.2012.8

Подбор реагентов для ВОЦ при использовании продувки ВОЦ в качестве исходной воды для ХВО подпитки котлов

Парилова О.Ф., Макаров Р.И. - ЗАО «Ионообменные технологии», Рудакова Г.Я. – НПФ «Траверс»

ЗАО «Ионообменные технологии» работают на рынке промышленных водоподготовительных установок и установок очистки сточных вод с 2000 года. Как показывает наш опыт, последние несколько лет все более актуальными становятся вопросы повторного использования воды практически во всех отраслях промышленности, использующих речную и скважинную воду в производственных нуждах. Подобные тенденции отмечаются в энергетике, металлургии, химических и нефтехимических производствах.

Основными предпосылками такого направления движения являются как ужесточение экологических требований к качеству и количеству сбрасываемых производствами вод, так и увеличение стоимости сбросов и исходной воды.

Известны случаи использования в промышленных целях очищенных промливневых вод; вод, прошедших очистку на биологических очистных сооружениях; и все чаще появляются решения по повторному применению в производстве продувочных вод оборотных циклов (ВОЦ).

Основным принципиальным отличием продувочных вод ВОЦ от остальных типов стоков, является их повышенное солесодержание, повышенное микробиологическое загрязнение и относительно высокое содержание солей жесткости, в первую очередь кальция. Такая особенность определяется тем, что кратность упаривания воды в оборотных циклах в большинстве случаев ограничена растворимостью карбоната кальция. То есть продувочные воды оборотных циклов обычно насыщены или даже пересыщены малорастворимыми солями жесткости.

Учитывая, что в большинстве производств, для промышленного применения требуется частично или глубоко обессоленная вода, указанные особенности продувки ВОЦ обычно ограничивают выбор системы обессоливания воды обратным осмосом. Применение обратного осмоса для обессоливания продувочной воды оборотных циклов вызвано главным образом большей экономической эффективностью использования данной технологии при обработке воды с повышенным солесодержанием по сравнению с ионным обменом.

То есть задача использования продувочной воды ВОЦ для получения обессоленной воды, например, для подпитки котельных, среди прочего требует ответов на вопросы:

- стабилизации насыщенного раствора карбоната кальция в мембранном аппарате в период обработки в нем воды;
- защиты мембран обратноосмотического аппарата от микробиологических загрязнений.

Обычно задача защиты обратноосмотических установок от малорастворимых солей решается использованием:

1. ингибитора кристаллизации малорастворимых веществ;
2. подкислением, позволяющим снизить содержание малорастворимого карбоната кальция;
3. умягчением исходной воды

В описываемом случае задача осложнена тем, что в воду оборотных циклов практически всегда уже добавляются ингибиторы накипеобразования, которые уже сконцентрировались в ВОЦ, и дальнейшее их концентрирование на обратноосмотической установке может привести к усложнению эксплуатации этого оборудования. То есть при некорректном подборе ингибитора накипеобразования мы можем на обратном осмосе выйти из зоны ингибирования и перейти в зону нестабильности, что повлечет ускоренное образование отложений на мембранах обратного осмоса, серьезное снижение межпромывочных периодов установки и более частую замену мембранных элементов. Таким образом, несбалансированная по реагентам система ВОЦ- ХВО приведет к серьезному росту эксплуатационных затрат обессоливающей установки.

Для решения указанной проблемы, конечно же, надо рассматривать каждый конкретный случай отдельно.

Однако учитывая, что для ОДЭФК максимальный рекомендуемый диапазон работы [1] – до величины карбонатного индекса 27 (мг-э/л)^2, а реагенты на основе НТФ и МИДФ, например, Аминат Ао, позволяет работать с водой, содержащей кальция, магния и сульфатов до 30 мг-экв/л, хлоридов до 100 мг-экв/л, бикарбонатов - до 20 мг-экв/л, железо общего до 10 мг/л при pH от 5 до 9, понимаем, что применение этого ингибитора существенно расширяет возможности использования продувочной воды градирен для подпитки обессоливающих ХВО.

Более того, по литературным данным [2,3] использование в качестве ингибитора оксиэтилидендифосфоновой кислоты (ОЭДФ) ограничено содержанием кальция в концентрате из-за возможности образования нерастворимых комплексов кальция с ОЭДФ.

То есть можно говорить о том, что указанный выбор Аминат Ао в качестве ингибитора для ВОЦ и обратного осмоса – адекватное решение для речной воды, подпитывающей ВОЦ (коэффициент упаривания считаем, меняющемся в диапазоне 1,7-3), при ее следующем составе:

Кальций, магний, сульфаты – до 2,5-4,5 мг-э/л,

Хлориды – до 8,5-14,7 мг-э/л,

Бикарбонаты – до 1,7-2,9 мг-э/л

Таким образом, использование Амината Ао – при сравнимой с ингибитором на основе ОЭДФК стоимостью, позволяет повысить экономический эффект из-за увеличения срока работы мембранных элементов.

Возвращаясь к теме предотвращения микробиологического загрязнения обратноосмотических мембран продувочной водой ВОЦ, отметим, что стандартно используемые в оборотных системах окисляющие биоциды (например, гипохлорит натрия) – крайне негативно сказываются на продолжительности жизни мембранных элементов. При решении данной проблемы рекомендуется либо использовать неокисляющие биоциды, либо применять другие способы защиты мембран и/или оборотных циклов от биообрастаний. Безусловно, наиболее интересным будет решение, которое одновременно защитит и оборудование оборотного цикла, и обратноосмотические мембраны от микробиологии.

Сегодня в качестве неокисляющих биоцидов может быть использован реагент на основе полигуанидина. Ограничения по использованию этого реагента связаны с периодичностью его применения. Так при окисляемости обрабатываемой воды ниже 10 мг/л, допускается дозирование его в ВОЦ 1-2 раза в неделю, что возможно с точки зрения эксплуатации обратного осмоса на данной воде. При более высокой окисляемости, чтобы защитить оборудование ВОЦ от биозагрязнений, требуется постоянное дозирование реагента, что отрицательно влияет на срок службы мембран и не рекомендуется для практического применения.

Реальной альтернативой дозирования неокисляющего биоцида в подпитку ВОЦ является использование технологии MOL®CLEAN. Эта технология основана на применении металлического катализатора (в виде сеток) и жидкого реагента на основе перекиси водорода, дозируемого периодически, примерно раз в неделю.

Основы метода MOL®CLEAN для обеззараживания воды заключаются в следующем.

В поток охлаждающей воды помещается ячейка с металлическим (наноструктурированный Cr-Ni-Fe сплав) нерасходуемым катализатором, сюда же дозируется реагент «MOL®aktiv E30», основа которого – 30% стабилизированный раствор перекиси водорода H2O2. При взаимодействии с катализатором молекулы перекиси водорода за счет перехода электронов активируются, а сама поверхность катализатора приобретает положительный заряд.

Имеющие слабый отрицательный заряд клетки микроорганизмов в течение секунды притягиваются к поверхности металлического катализатора, где под воздействием активных высокореакционноспособных молекул перекиси водорода клеточные мембраны микроорганизмов разрушаются, вследствие чего клетки микроорганизмов полностью деструктурируются и окисляются.

В результате этих реакций в воде образуются поверхностно-активные вещества (ПАВ) биологического происхождения (биоПАВ), названные «биотензиды». Биотензиды, в отличие от синтетических ПАВ (СПАВ), нетоксичны, проявляют свою активность на поверхности раздела

фаз жидкость/твердое тело и малоактивны на поверхности раздела фаз жидкость/газ, то есть не образуют пены и, главное, по своей структуре очень схожи с мембранами клеток микроорганизмов, поскольку являются продуктами их распада.

Продвигаясь с потоком воды, биотензиды отщепляют соединенные с металлической поверхностью слои биоотложений, что вызывает гибель внутренней анаэробной части биослоя. Таким образом, постепенно происходит полная очистка поверхности оборудования и трубопроводов.

Следовательно, биотензиды очищают не только градирни, но и все элементы охлаждающей системы (поля орошения, трубы, теплообменники и т.д.), и тормозят образование новых слоев биообрастаний в охлаждающей системе.

Основными преимуществами технологии MOL®CLEAN для мембранных технологий (ультрафильтрация, обратный осмос), являются :

1. Технология работает полностью без добавления солей и без галогенов и/или их производных;
2. При стандартном режиме обеззараживания примерно 97% времени продувки этих ВОЦ полностью свободны от перекиси водорода. Около 3% времени существуют концентрации перекиси водорода в размере до 1 мг/л перекиси водорода. Но эти 1 мг/л не достигают мембран обратного осмоса, поскольку разлагаются в процессе осветления и в емкостях до обратного осмоса.
3. В процессах уничтожения микроорганизмов возникающие биотензиды являются стабильными органическими соединениями суперизкой концентрации, которые с продувкой из ВОЦ проходят мембраны ультрафильтрации и доходят до мембраны обратного осмоса. На основе свойства биотензидов отщеплять биопленки и препятствовать их новому образованию на мембранах ультрафильтрации и обратного осмоса, они значительно увеличивают эффективность этих процессов.
4. В частности, они существенно снижают перепад давления на мембранах, увеличивают срок между обратными промывками и значительно увеличивают производительность одного цикла обратного осмоса между промывками (см. яркий пример промышленного внедрения технологии MOL®CLEAN на ТЭЦ "EON Kraftwerke GmbH" в г. Шкопау, Германия).

Рис. 2 Изменение межпромывочного периода обратноосмотической установки при использовании технологии MOL®CLEAN

Как видно из графика внедрение технологии MOL®CLEAN увеличило количество обрабатываемой воды между промывками обратного осмоса в среднем с 28 тыс. м^3 до 130 тыс. м^3.

То есть в нашем случае, главным преимуществом технологии MOL®CLEAN является пролонгированное действие, отсутствие вредного воздействия как на окружающую среду, так и на мембранные элементы обратного осмоса. Таким образом, в условиях воды с повышенным содержание органических и микробиологических загрязнений, технология MOL®CLEAN – эффективное техническое решение, позволяющее, как показывает практический опыт, увеличить срок работы мембран в 2,5-5 раз.

Список литературы:

1. Методические рекомендации по применению антинакипинов и ингибиторов коррозии ОЭДФК, АФОН 200-60а, АФОН 230-23а, ПАФ-13а, ИОМС-1 и их аналогов, проверенных и сертифицированных в РАО "ЕЭС России", на энергопредприятиях. СО 34.37.536-2004.
2. L.V.Yeats,P.M.Lantz and Marshall. Calcium Sulfate Solubilyty in Brackish Water Concentrates and Application to Reverse Osmosis Processes; Polyphosphate Add tives.-Desalination,15(1974) 177-192
3. D.P.Logan and S.Kimura. Control of Gypsum scale in Reverse Osmosis Membranes - Desalination, 54(1985) 321-331

Схема комбинированной работы систем оборотного охлаждения и водоприготовления

Малахов И.А. д.т.н., профессор, академик Международной Академии Экологии, Малахов Г.И. – ООО «Энергоэкосервис»

Основными потребителями воды на большинстве промпредприятий являются системы оборотного охлаждения (СОО) и системы получения обессоленной и/или умягченной воды для питания котлов и на технологические нужды.

Как правило, все эти системы работают автономно, что приводит к повышенному водопотреблению и излишним сбросам сточных вод. Поэтому задачи сокращения водопотребления, уменьшения сбросов продувочных вод СОО и сточных вод водоподготовительных установок (ВПУ) весьма актуальны.

На некоторых объектах с целью экономии водопотребления применялась подача продувочной воды СОО на установку химобессоливания.

Поступление на ВПУ воды с более высокой минерализацией, чем исходная вода приводило к повышению расхода реагентов (кислоты и щелочи), увеличению сбросов минерализованных сточных вод и расходов воды на собственные нужды. Внедрение установок обратноосмотического обессоливания (ООУ) для получения обессоленной воды открыло новые возможности комбинирования работы СОО с ВПУ.

Предлагается комплексная схема водопользования, предусматривающая подачу продувочной воды СОО на ВПУ с ООУ. Перед поступлением на ООУ продувочная вода должна проходить стадию фильтрационной или реагентной очистки.

Фильтрационная очистка может включать осветление на зернистой загрузке, микрофильтрацию на сетчатых фильтрах или ультрафильтрационных (УФ) мембранах.

Реагентная очистка может включать коагуляцию либо коагуляцию с обработкой известью в осветлителях и доочистку на механических или сетчатых фильтрах, а в отдельных случаях – и на УФ.

Глубоко осветленная вода далее подается на ООУ, а пермеат ООУ на установку электродеионизационного (ЭДУ) или ионообменного (ИОУ) дообессоливания.

Особенность этой схемы в том, что концентрат ООУ предлагается подавать на смешение с подпиточной водой СОО. Концентрат ЭДУ традиционно подается на вход ООУ, т.е. на смешение с осветленной продувочной водой СОО (Рис. 1).

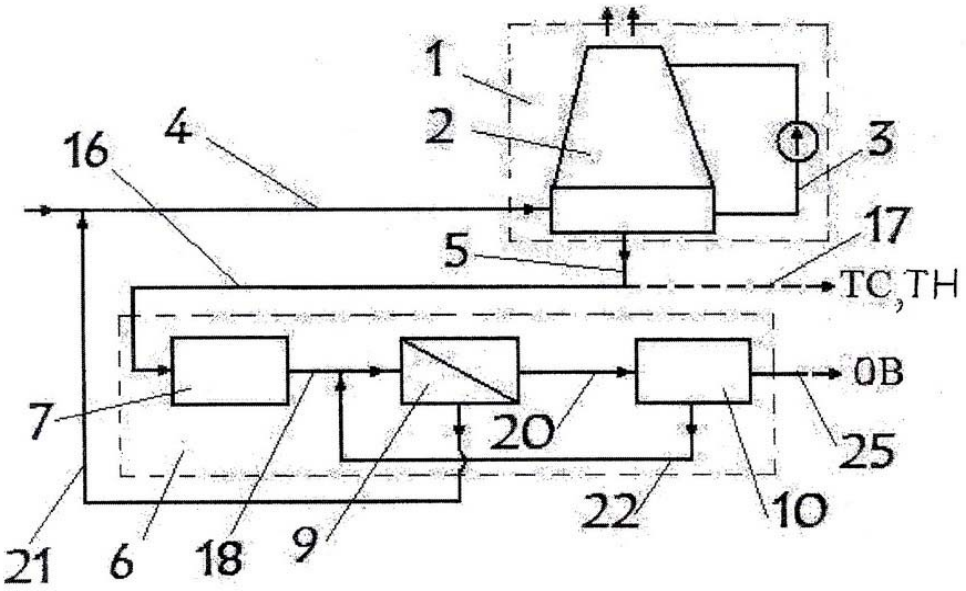


Рис.1

Для ВПУ с дообессоливанием пермеата на ИОУ отработанные кислые растворы Н-фильтров подаются на смешение с подпиточной или продувочной водой СОО, а отработанные щелочные растворы ОН-фильтров подаются на вход осветлителя (Рис. 2). При отсутствии осветлителей щелочные растворы используются для обработки подпиточной воды теплосети (ТС), либо также утилизируются в СОО.

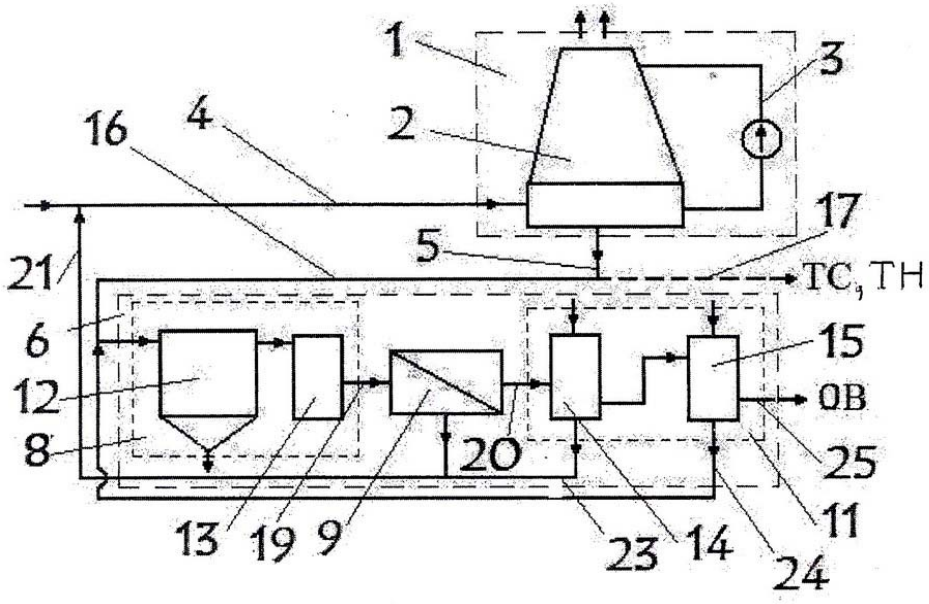


Рис.2

Рассмотрим более подробно условия реализации такой схемы для предприятий с подачей продувки СОО только на ООУ или еще на установку умягчения.

В первом случае, учитывая возврат концентрата ООУ в СОО, единственным каналом вывода солей из комбинированной схемы будет

капельный унос в градирнях. Были сделаны соответствующие расчеты концентрирования солей в СОО по известному выражению

$$К_к = 1 + (Q_{вып.} / Q_{ун} + Q_{пр})$$

где: $Q_{вып.}$, $Q_{ун}$, $Q_{пр}$ - потери воды в СОО соответственно с выпаром, уносом и продувкой.

Рассматриваем СОО и ВПУ, как единую систему, в которой имеет место выход обессоленной воды в виде пара из градирни и в виде пермеата ООУ, (то есть условно $Q_{вып.} = Q_{ооу} + Q_{вып.}^{гр.}$), а выход солей – с капельным уносом градирен, учитывая возврат концентрата ООУ в СОО, т.е. $Q_{пр.} = 0$.

На Рис. 3 показаны зависимости изменения $К_к$ в СОО от величины капельного уноса в комбинированной системе при различных значениях производительности ООУ в диапазоне 0,1 – 0,5 % $Q_{цирк.}$ для различных значений величины выпара в СОО 0,5, 1,0, 1,5 % $Q_{цирк.}$ Как видно из Рис. 3 наибольшее влияние на $К_к$ оказывают величина капельного уноса и величина выпара в градирнях СОО. Производительность ООУ влияет в значительно меньшей степени.

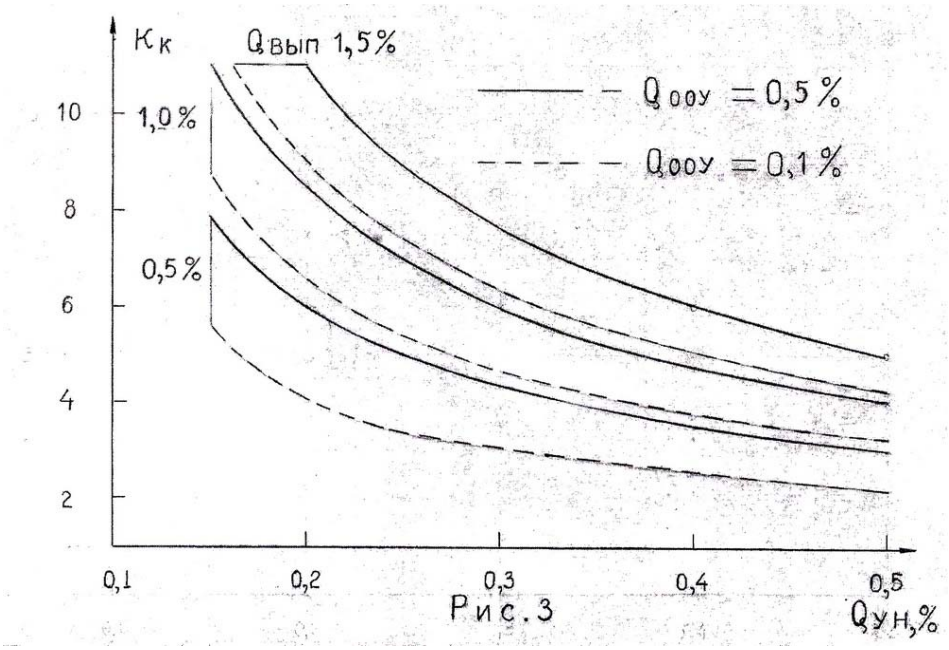


Рис.3

Таким образом, рассматриваемая схема может быть полностью бессточной в диапазоне $К_к$ = 2,5 – 5,0 при соответствующих по графику значениях капельного уноса и выпара в градирни. Более высокие значения $К_к$ могут иметь место для маломинерализованных вод северных и дальневосточных регионов страны. Для рассмотренных объектов возможны два варианта комбинирования работы СОО и ВПУ

1. Полностью бессточная схема с возвратом концентрата ООУ в СОО – применима при сочетании следующих факторов: невысокой производительности ВПУ по обессоливанию по сравнению с расходом циркуляционной воды СОО, т.е. при $Q_{ооу} < 0,5$ % $Q_{цирк.}$, относительно невысокой минерализации исходной воды ≤ 200 мг/дм^3, при не «зажатом»

капельном уносе, т.е. $Q_{ун.} \geq 0{,}2\ \%\ Q_{цирк.}$ и при величине выпара СОО < 1,0 % $Q_{цирк.}$

2. Малосточная схема со сбросом части продувочной воды СОО в водоем. В этой схеме общая продувка СОО будет состоять из объема воды, подаваемого на ВПУ, и объема воды, отводимого на сброс в водоем. Последний ограничивается на минимально возможном уровне, определяемом предельно допустимой кратностью концентрирования воды СОО.

В зависимости от изменения условий эксплуатации можно переходить от одного варианта работы комбинированной схемы к другому.

Условия работы рассмотренных комбинированных схем водопользования существенно упрощаются при наличии дополнительного канала вывода солей из системы. Таким каналом может быть подача продувочной воды СОО в ТС и на технологические нужды (ТН), где используется умягченная вода Для такой комбинированной схемы расчет $К_к$ ведется по формуле

$$К_к = 1 + (Q_{вып.}^{гр} + Q_{ооу} / Q_{ун.} + Q_{тс})$$

На Рис. 4–7 приведены зависимости изменения кратности концентрирования СОО от расхода воды в ТС, ТН для различных значений производительности ООУ в диапазоне 0,1 – 0,4 % $Q_{цирк.}$, величины капельного уноса в пределах 0,05 – 0,5 % $Q_{цирк.}$ и выпара градирни 0,5 и 1,5 % $Q_{цирк}$.

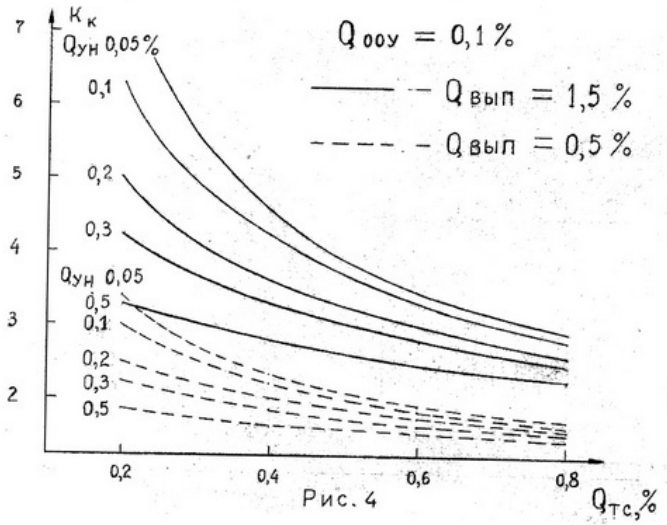


Рис. 4

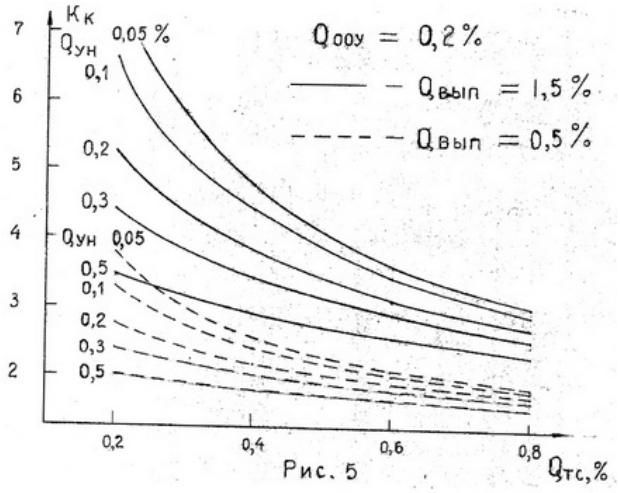


Рис. 5

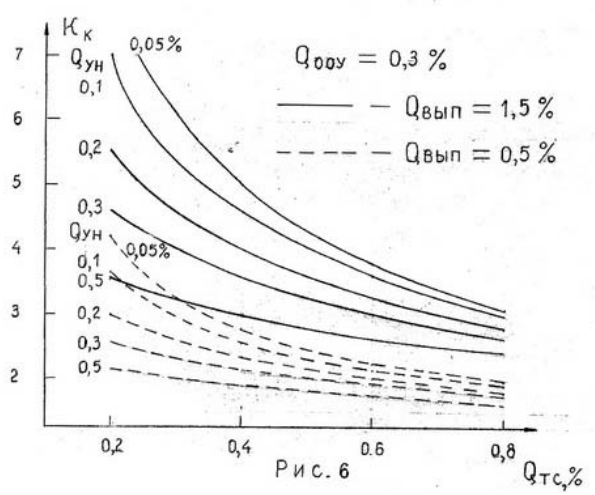


Рис. 6

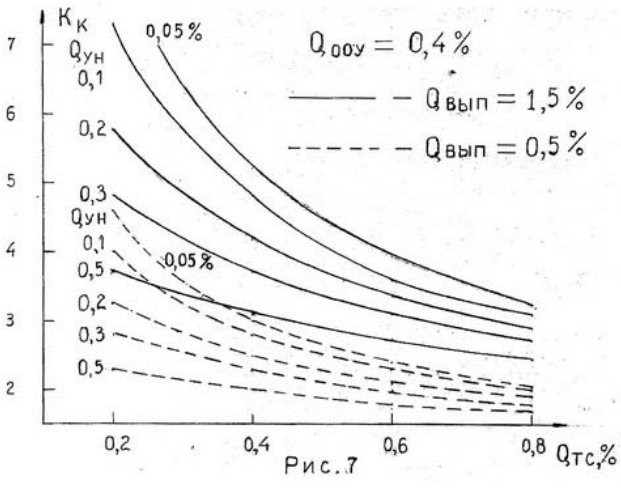


Рис.7

Анализ приведенных зависимостей показывает, что в рассматриваемой комбинированной схеме наибольшую роль играет величина подпитки ТС, ТН, которые в данной схеме являются основной частью продувки СОО. На втором месте величина потерь с выпаром в градирнях

Для реализации рассмотренных ВХР СОО потребуется применение эффективных ингибиторов накипеобразования и коррозии. Таким образом, рассматриваемая схема может быть полностью бессточной в ориентировочном диапазоне $К_к$ 1,5 – 5 при следующих значениях подпитки ТС, ТН, величин выпара и капельного уноса в СОО:

1. в зимнем режиме с $Q_{вып}^{гр.}$ ~ 0,5 % при величинах расхода воды в ТС больше 0, 2 % и практически при всех значениях производительности ООУ и величинах капельного уноса;

2. в летнем режиме с $Q_{вып.}^{гр.}$ ~ 1,5 % при величинах расхода воды в ТС больше 0, 4 %, значениях капельного уноса 0,2 – 0,5 % $Q_{цирк.}$ и практически при всех значениях производительности ООУ.

Обозначения к Рис. 1 и 2

1. СОО, 2. Градирня, 3. Линия цирк. воды СОО
4. Линия подпиточной воды СОО, 5. Линия продувочной воды СОО, 6. ВПУ, 7. Узел фильтрационной очистки, 8. Предочистка, 9. ООУ, 10. ЭДУ, 11. УИО,
12. Осветлитель, 13. Механический осветлительный фильтр, 14. Н-фильтр, 15. ОН- фильтр, 16. Линия продувочной воды СОО на ВПУ, 17. Линия продувочной воды в ТС, ТН, 18. Линия осветленной воды после фильтрационной очистки, 19. Линия осветленной воды после предочистки, 20 Линия пермеата ООУ,
21. Линия концентрата ООУ, 22. Линия концентрата ЭДУ, 23. Линия отработанных кислых растворов Н-фильтра, 24. Линия отработанных щелочных растворов ОН-фильтра, 25. Линия глубоко обессоленной воды

Влияние применения коагулянтов и флокулянтов нового поколения на снижение износа оборудования очистных сооружений и систем водоснабжения

Шалимова Е.В., Усенко А.Г. - ООО «Аквател Холдинг»

В современном мире деятельность человека оказывает сильное антропогенное воздействие на природу планеты. Вследствие чего загрязняются естественные источники пресной воды: реки, озера, пруды, водохранилища. Очистка воды необходима и нуждается в комплексном подходе к этой проблеме. В идеальном варианте водоочистка должна представлять собой многоступенчатый комплекс, включающий в себя сочетание нескольких методов: механического, ионообменного, обратно осмотического, биологической очистки, химического, физико-химического, электрического и других. Выбор методов и их сочетание для каждого конкретного случая определяется техническим заданием, степенью и характером загрязнения, а также технологическими и географическо-климатическими особенностями.

Одним из важнейших и перспективных направлений в области водоочистки являются физико-химические методы, в частности реагентный метод очистки, основанный на применении коагулянтов и флокулянтов. Одним из факторов, влияющих на износ оборудования и коммуникаций, служит нецелесообразное применение данного вида реагентов. Исследованиям по особенностям использования и выбора конкретного типа реагентов не уделяется должного внимания. Это связано с низкой информационной базой и нехваткой компетентных специалистов в области использования реагентов. Преимущества и типы современных полимерных коагулянтов и флокулянтов для многих специалистов водоснабжения остаются неизвестными [1].

Наша организация занимается подбором, реализацией и поставкой высококачественных полимерных коагулянтов и флокулянтов последнего поколения под марками Polypacs и Besfloc.

Коагулянты. До появления в 60-х годах синтетических неорганических и органических полимеров коагуляция производилась с использованием таких неорганических коагулянтов, как сульфат алюминия и хлорид железа [2]. Они используются и в настоящее время, но многие предприятия уже отказываются от них в пользу применения полимерных гироксихлоридов и гидроксисульфатов металлов. Выбор обусловлен рядом преимуществ коагулянтов нового поколения в сравнении с более простыми коагулянтами – хлоридами и сульфатами. Так полиоксихлорид алюминия (ПОХА) в сравнении с широко используемым сульфатом алюминия имеет следующие преимущества:

- Снижение расхода реагента;
- Снижение дозы хлора при первичном хлорировании;
- Снижение затрат на электроэнергию и промывную воду;

– ПОХА быстро и полностью гидролизуется в холодной воде даже при температуре 3^{o}C;
– Полиоксихлориды, как частично гидролизованные соли алюминия, обладают способностью к полимеризации, что ускоряет образование хлопьев и процесс осаждения;
– ПОХА работает в более широком диапазоне pH по сравнению с сернокислым алюминием;
– Щелочность воды при коагулировании ПОХА уменьшается значительно, что ведет к снижению коррозийной активности воды;
– Применение ПОХА позволяет в несколько раз снизить содержание остаточного алюминия в питьевой воде, по сравнению с использованием с сульфатом алюминия;
– В процессе коагуляционной обработки ПОХА снижается показатель бактериального заражения воды;
– При последовательной обработке воды ПОХА и синтетическим флокулянтом можно выполнить задачи, недостижимые для аналогичной схемы обработки сульфатом алюминия.

Стоит отметить, что использование полимерных коагулянтов в ряде случаев оказывается более экономичным в широком диапазоне процессов, включая осаждение, флотацию и фильтрацию. Коагулянты Polypacs в ряде испытаний доказали свою способность обеспечивать стабильно хорошее качество очищенной воды при оптимальной надежности, эффективности и экономичности, даже в сравнении с другими аналогичными полимерными материалами представленными на современном рынке.

Флокулянты. После дестабилизации коллоидной суспензии коагулянтами, чтобы увеличить эффективность процесса очистки применяют полимерные флокулянты. Использование очень малых доз флокулянтов Besfloc (0,01 – 0,5 мг/л) непосредственно после процесса коагуляции позволяет улучшить захват частиц примесей, ускоряет процессы хлопьеобразования и осаждения. Использование флокулянтов для этих целей позволяет также снизить дозировку коагулянтов до минимального количества, необходимого для дестабилизации коллоидной системы. Полимерные флокулянты в зависимости от природы включенных мономеров подразделяются на неионогенные, анионные и катионные флокулянты. Большая линейка марок Besfloc обусловлена широким диапазоном ионного заряда и молекулярной массы.

Уникальные рабочие характеристики полимерных флокулянтов дают возможность пользоваться следующими преимуществами:
– Повысить качество воды при уменьшении времени отстаивания;
– Увеличить производительность без капитальных затрат;
– Повысить эффективность системы фильтрации и увеличить срок службы фильтров;

– Минимизировать расходы по утилизации отходов.

Флокулянты применяются в различных технологических схемах:

– На стадии механической очистки для увеличения эффекта осветления в отстойниках и флотаторах;

– На стадии физико-химической очистки для сокращения дозы или замены коагулянта и увеличения эффективности осветления сточной воды;

– На стадии глубокой очистки воды фильтрованием с использованием фильтров с минеральной и полистирольной загрузкой;

– Для локальной очистки сточных вод.

Способ подбора сорта флокулянта

Для подбора марки флокулянта используемого в определенных целях проводят лабораторный анализ субстрата (образца воды, шлама), который должен подвергаться флокуляции. Существуют определенные базовые предпосылки, которые должны приниматься во внимание при выборе нужной марки флокулянта:

– Неорганические субстраты обычно требуют применения *анионактивных* или *неионогенных* полиэлектролитов для оптимальной флокуляции.

– Органические субстраты обычно требуют применения *катионных* полиэлектролитов. Однако предварительная обработка таких субстратов коагулянтом может вызвать возможность лучшего эффективного действия неионогенного или анионного флокулянта.

– Биологические субстраты обычно лучше всего взаимодействуют с высокоактивными *катионными* полиэлектролитами [3].

Однако далеко не во всех случаях анализ обрабатываемого субстрата и теоретического обоснования выбора той или иной марки достаточно для определения самой эффективной марки реагента. Как показывает опыт работы сотрудников нашей компании, каждый случай носит индивидуальной характер. Эмпирический путь подбора марки наиболее правильный и представляет собой ряд экспериментов «джар-тестов». По ходу экспериментального тестирования сначала определяется тип ионного заряда флокулянта, затем выборочно проверяется действие ряда марок определенного типа. После установления эффективно действующей марки проверяются также «ближайшие» по массе и заряду марки. Таким образом, осуществляется подбор реагентов в большинстве случаев.

В качестве примера можно рассмотреть схему очистки стоков одного из мясокомбинатов. В результате работы специалистов ООО «Акватеп Холдинг» было улучшено качество очищенных стоков по основным показателям, внедрен флокулянт Besfloc K4046p и коагулянт Polypacs-PFS (полиоксисульфат железа) взамен применяемого хлорного железа, снижен расход щелочи, пропала необходимость в биологической очистке, а так же увеличен срок службы фильтровального оборудования.

Перспективы развития внедрения полимерных коагулянтов и флокулянтов

При проектировании новых и модернизации старых очистных сооружений, учитывая уникальные свойства современных реагентов можно существенно сокращать габариты оборудования. Это влечет за собой существенную экономию на строительных материалах, снижение затрат на металлические конструкции, а также уменьшение необходимых для размещения сооружений площадей.

Одним из перспективных направлений в области коагулянтов и флокулянтов является их использование в предочистке воды перед установками обратного осмоса. Это актуально в тех случаях, когда исходная водопроводная вода имеет высокий уровень загрязнения или в системах с замкнутым водооборотным циклом. Широко известно, что самым дорогостоящим сменным элементом системы обратного осмоса является обратноосмотическая мембрана. Срок ее службы напрямую зависит от качества воды поступающей в систему фильтрации. Тем самым предварительная реагентная очистка исходной воды способствует снижению затрат на дорогостоящие расходные элементы.

Кроме водоподготовки и очистки сточных вод полимерные коагулянты и флокулянты имеют широкую область применения в различных областях промышленности. Они используются в химической промышленности: при производстве соды, при производстве борной и фосфорной кислот, при производстве диоксида титана, при коагуляции латекса. Так же нашли свое применение: при очистке меди, свинца, золота, серебра, при обработке урановой руды, производстве коалина, используются при производстве буровых растворов в нефтяной промышленности. С каждым годом появляются новые области применения, работы по внедрению коагулянтов и флокулянтов под конкретные цели ведутся во множестве научно-исследовательских институтах мира. И во всех случаях это требует большой предварительной теоретической и практической работы.

Литература:

1. *Линевич С.Н.* Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование / С.Н. Линевич, С.В. Гетманцев; Минобрнауки России. – М.: Наука, 2007. – 230с.
2. *Гетманцев С.*В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина; Научное издание. Издательство АСВ. – М.: 2008. – 272с.

Гандурина Л.В. Очистка вод с применением синтетических флокулянтов. Монография. М.: «ДАР/ВОДГЕО» 2007. – 198с.

Опыт внедрения динамических осветлителей при очистке природных и сточных вод

Балаев И.С., Кучма Г.Г., Репкин М.В., Ханларов Г.В., Мельников И.А. - ЗАО НПП «Объединенные водные технологии»

Основным источником для промышленного и питьевого водоснабжения в большинстве регионов России являются поверхностные воды, на долю которых приходится до 80% от общего объема водозабора.

В то же время по данным Росприроднадзора в 2012 году чуть больше 10% сточных вод очищалось до установленных нормативов, в то время как почти 90% стоков сбрасывались в водные объекты неочищенными, с ежегодным объемом более 12 млн. тонн загрязняющих веществ.

Таким образом во многих промышленно-развитых регионах качество поверхностных вод сопоставимо с качеством промышленно-ливневых сточных вод, что соответственно влечет увеличение эксплуатационных затрат на химические реагенты водоподготовительных установок (ВПУ) по приготовлению питьевой воды (система ЖКХ) или подпиточной воды энергетических предприятий (ТЭС, АЭС, котельные).

Кроме того не всегда обеспечивается степень очистки поверхностных вод на ВПУ до нормируемых показателей, но особенно проблематична степень очистки в сезон паводка или в период “цветения” водоемов.

В последние годы наблюдается тенденция по активизации реконструкции ВПУ, что по-видимому связано с двумя причинами.

Во-первых необходимо учитывать, что практически все промпредприятия (энергетика, металлургия, химия и нефтегазопереработка) и предприятия водоканалов (система ЖКХ) были построены в период 50-х – 80-х годах прошлого столетия и соответственного физический износ оборудования, трубопроводов и арматуры на установках ВПУ составляет 70-90%, что как следствие влечет их аварийное состояние и невозможность гарантировать требуемую степень очистки воды.

Вторая причина связана со значительными инвестициями в последние пять-семь лет при строительстве крупных предприятий (энергетика, металлургия, химия), что требовало строительства установок ВПУ по очистке водооборотных циклов или подпиточной воды энергетического оборудования.

При этом при реконструкции или строительстве установок ВПУ в основном используются импортные технологии и оборудование (мембранные технологии, самопромывные зернистые фильтры и др.) со значительными капитальными затратами и эксплуатационными издержками.

Цель данной статьи является предоставление опыта внедрения отечественной инновационной разработки с использованием динамических осветлителей в сравнении с широко тиражируемыми импортными технологиями по очистки природных и сточных вод.

В 2009 году специалистами ЗАО “НПП Объединенные водные технологии” была разработана технология очистки воды на динамических осветлителях (ДО) и на механических фильтрах с двухслойной загрузкой (МФ). Принцип работы данной технологии представлен на Рис 1.

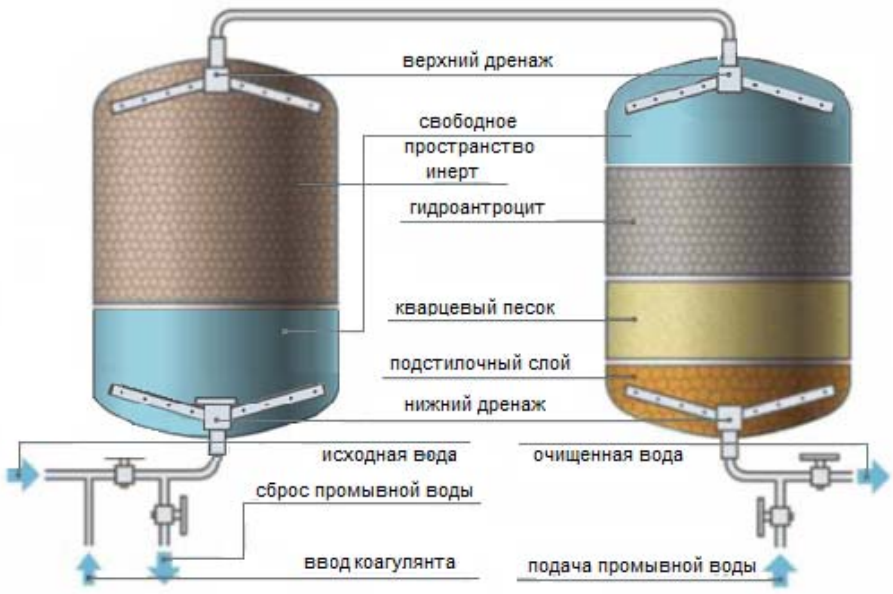


Рис. 1 Принцип работы ДО-МФ

Предварительно в исходную воду последовательно дозируется коагулянт и флокулянт для образования хлопьев загрязняющих веществ. Фильтрация воды производится последовательно восходящим потоком в динамическом осветлителе загруженным плавающим инертным материалом марки INERT®. Частично-осветленная вода после динамического осветлителя подается на двухслойный механический фильтр для дальнейшего осветления.

Периодическая взрыхляющая промывка проводится водой в противоположном направлении. Сначала промывная вода подается снизу вверх в механический фильтр, промывая последовательно слой кварцевого песка и слой гидроантрацита. Далее промывная вода поступает в динамический осветлитель и сверху вниз промывает слой плавающего инертного материала.

В период 2010-2012 годах были проведены пилотные испытания опытной установки производительностью 1 $м^3$/ч при использовании сульфата алюминия в качестве коагулянта (доза 0,7-1,0 мг-экв/$дм^3$) и Праестол 650 ВС в качестве флокулянта (доза 0,3-0,8 мг/$дм^3$). Результаты пилотных испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель	Ед. изм.	Калининская АЭС (водохранилище)		ОАО “Акрон” (р.Волхов)	
		Исходная вода	Осветленная вода	Исходная вода	Осветленная вода
Взвешенные вещества	мг/дм^3	1,5-5,0	менее 1,0	10-22	менее 1,0
Содержание окислов железа	мг/дм^3	1,0-1,2	0,2-0,25	1,1-1,5	менее 0,1
Перманганатная окисляемость	мгO_2/дм^3	12-15	4-5	20-22	4,1-5,4
Цветность	градус	-	-	160-220	8-15
Коллоидный индекс	SDI	-	-	-	менее 3

По данным таблицы 1 видно, что после динамических осветлителей и механических фильтров обеспечивается высокое качество осветленной воды особенно по таким показателям как взвешенные вещества, окислы железа, окисляемость, цветность, что в свою очередь позволяет использовать осветленную воду даже в качестве питьевой воды при дополнительной стадии обеззараживания (гипохлорид натрия, ультрафиолет и др.).

В продолжении пилотных испытаний динамических осветлителей на Новокузнецком алюминиевом заводе (входит в состав компании РУСАЛ) в декабре 2012 года была введена в промышленную эксплуатацию система очистки промышленно-ливневых сточных вод проектной производительностью 264 м3/ч, которая позволила полностью исключить сброс сточных вод с производственной площадки №2 и завода в целом.

Очищенные воды используются в оборотной системе предприятия для охлаждения основного технологического оборудования и приготовления технологических продуктов и реагентов.

Система очистных сооружений предусматривает следующие последовательные стадии обработки воды:

— коагуляция сульфатом алюминия за счет подачи рабочего 6%-ного раствора в трубопровод исходной воды;

— хлопьеобразование в напорной контактной емкости (НКЕ) с временем пребывания обрабатываемой воды 5-10 мин;

— дозирование раствора флокулянта (Праестол 650 ВС) в трубопровод после НКЕ;

— фильтрация коагулированной воды восходящим потоком через динамический осветлитель (ДО), загруженный плавающим инертным материалом марки “INERT” с гранулометрическим составом 3-5 мм;

— финишная доочистка осветленной воды через механический фильтр с двухслойной зернистой загрузкой (нижний слой – мелкозернистый кварцевый песок, верхний слой – крупнозернистый гидроантрацит);

— обеззараживание осветленной воды за счет дозирования раствора гипохлорида натрия.

Принципиальная технологическая схема очистных сооружений Новокузнецкого алюминиевого завода (НКАЗ) представлена на рис 2.

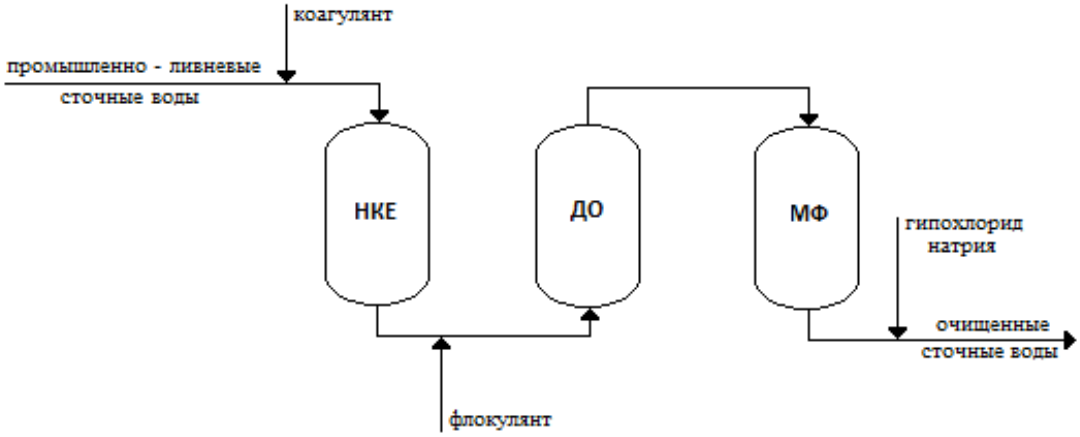


Рис. 2 Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод НКАЗ

НКЕ - напорная контактная емкость, ДО - динамический осветлитель, МФ - механический фильтр с двухслойной загрузкой.

В качестве НКЕ были использованы два корпуса фильтров ФИПаI-2,0-0,6 с дренажно-распределительными устройствами типа “стакан в стакане”.

В качестве ДО и МФ использовались корпуса фильтров ФИПаI-2,6-0,6 (четыре ДО и четыре МФ) с внутренними дренажно-распределительными устройствами, разработанными ЗАО НПП “Объединенные Водные Технологии” г. Москва (ЗАО НПП ОВТ).

Отличительной особенностью дренажных устройств является использование различных щелей колпачков типа DDR производства фирмы KSH (Германия), а именно:

— нижнее дренажно-распределительное устройство ДО - 1,5 мм ;
— верхнее дренажно-распределительное устройство ДО -0,8 мм ;
— нижнее дренажно-распределительное устройство МФ-0,2 мм .

В каждый ДО был загружен плавающий инертный материал марки “INERT” с грансоставом 3-5 мм в объеме 11,5 м^3 на высоту 1,7 м.

В каждый МФ были загружены снизу вверх следующие фильтрующие материалы:

— гравий (подстилочный слой) с грансоставом 2-5 мм в объеме 2,5 м^3 для заполнения нижней сферы;
— кварцевый песок с грансоставом 0,6-1,2 мм в объеме 4,2 м^3 на высоту 0,8 м;
— гидроантрацит с грансоставом 1,2-2.5 мм в объеме 6,4 м^3 на высоту 1,2 м.

В период проведения пуско-наладочных работ были достигнуты результаты, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п.п.	Наименование показателей	Ед. изм.	Исходная вода	После ДО	После МФ
1	Взвешенные вещества	мг/дм^3	2,2-62,5	0,4-1,0	0,3-1,0
2	Мутность	мг/дм^3	2,5-48,5	0,03-0,15	0,03 - 0,13
3	Содержание окислов железа	мг/дм^3	0,45-2,8	0,03-0,1	0,02-0,1
4	Перманганатная окисляемость	мгO_2/дм^3	3,5-8,3	1,8-3,0	1,8-3,0
5	Нефтепродукты	мг/дм^3	0,3-0,4	0,07-0,09	0,07-0,09
6	pH	-	7,7-8,6	7,0-7,6	7,0-7,6

Во время пуско-наладочных работ (декабрь 2012 – апрель 2013) производительность каждого ДО и МФ в основном составляла 15-95 м^3/ч, что соответствует 3-18 м/ч скорости фильтрования (диаметр каждого ДО и МФ составляет 2,6 м).

Максимальная производительность на каждом ДО и МФ составляла 118-125 м^3/ч (скорость фильтрования 22-23,5 м/ч).

Отключение ДО на взрыхляющую промывку производилось при перепаде давления свыше 1,5 кгс/см^2, либо при пропуске очищенный воды за фильтроцикл свыше 2500 м^3.

Отключение МФ на взрыхляющую промывку производилось при перепаде давления свыше 1,0 кгс/см^2, либо при пропуске очищенной воды за фильтроцикл свыше 3500 м^3.

Взрыхляющая промывка ДО и МФ производилась традиционно, а именно, сначала воздухом, а затем для МФ восходящим потоком воды, а для ДО нисходящим потоком воды.

Количество промывной воды составляло порядка 50 м^3 на каждую промывку ДО и МФ, что соответственно составляет 2% и 1,5% от количества обработанной воды.

Доза коагулянта (сульфат алюминия) в среднем составляла 0,5-0,8 мг-экв/дм^3, а доза флокулянта (Праестол) составляла 0,5 -1,0 мг-экв/дм^3.

Таким образом, на основании первых результатов пуско-наладочных работ промышленной установки, включающей динамический осветлитель, можно сделать следующие выводы:

— при использовании напорной коагуляции и флокуляции основная очистка исходной воды происходит на динамическом осветлителе, а

механический фильтр выполняет финишную (защитную) очистку для гарантированного высокого качества осветленной воды;

— суммарное количество сточных вод после взрыхляющей промывки установки составляет порядка 3,5% от объема очищенной воды (на ДО-2% и МФ -1,5%), что в разы меньше по сравнению с известными импортными технологиями;

— использование отечественного оборудования (корпуса фильтров и дренажно-распределительные устройства) и фильтрующих материалов (инерт, гидроантрацит, кварцевый песок, гравий), срок службы которых, как известно составляет 30-40 лет и 8-15 лет соответственно, влечет значительное снижение капитальных и эксплуатационных затрат;

— качество осветленной воды по таким показателям, как содержание окислов железа (менее 0,1 мг/дм^3), взвешенных веществ (менее 1 мг/дм^3) и окисляемости (снижение на 50% от исходной), свидетельствует о конкурентоспособности данной технологии в сравнение с мембранной ультрафильтрационной технологией по качеству очищенной воды;

— качество исходной воды (промливневые сточные воды) в период пуско-наладочных работ резко изменялось в широком диапазоне в течение суток, особенно по взвешенным веществам (2,2 -62,5 мг/дм^3), окислам железа (0,45 -2,8 мг/дм^3) и окисляемости (3,5-8,3 мгO_2/дм^3), но качество очищенной воды всегда оставалось на высоком уровне.

С целью унификации и последующего внедрения динамических осветлителей ЗАО НПП ОВТ разработала конструкторскую документацию включая обвязку ДО и МФ (Рис 3).

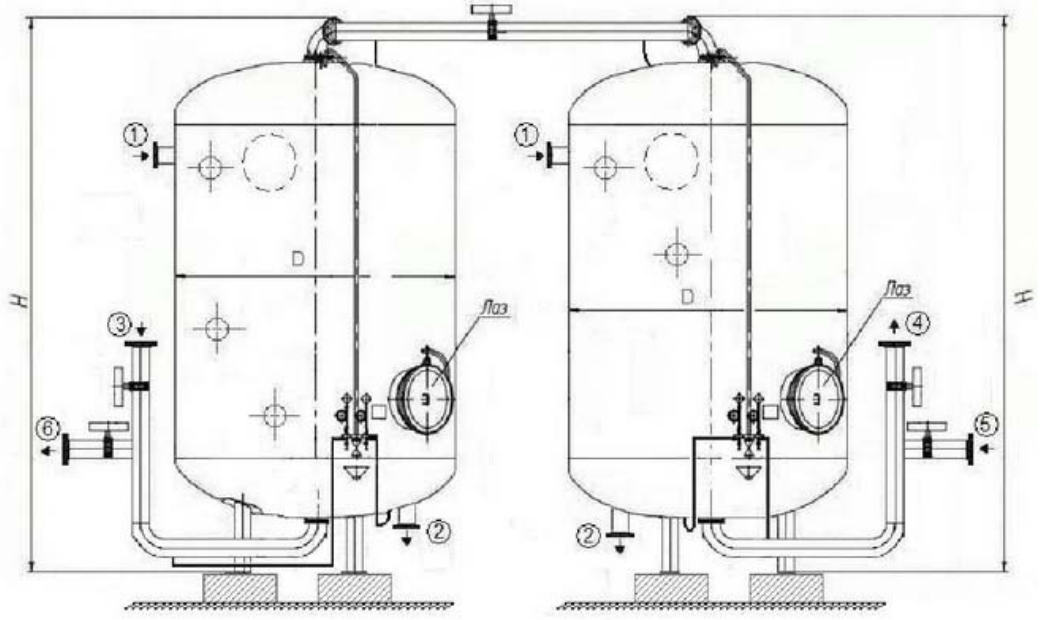


Рис. 3 Схема ДО-МФ

1 – штуцер загрузки фильтрующего материала, 2 – штуцер выгрузки фильтрующего материала, 3 – трубопровод входа очищаемой воды, 4 – трубопровод выхода осветленной воды, 5 – трубопровод входа промывной воды, 6 – трубопровод выхода промывной воды.

Технические характеристики (производительность, масса, габариты) блоков представлены в Таблице 3.

Таблица 3

ТИПОРАЗМЕРЫ					
Условное обозначение	Номер чертежа	Габариты			Производительность, $м^3/ч$
		Диаметр (D), мм	Высота (H), мм	Масса, т	
ДО-МФ2С-1,0-0,6-ОВТ	ОВТ.210.00.000.СБ	1000	3390	1,886	3-15
ДО-МФ2С-1,4-0,6-ОВТ	ОВТ.214.00.000.СБ	1400	3622	2,580	5-30
ДО-МФ2С-1,5-0,6-ОВТ	ОВТ.215.00.000.СБ	1500	3580	3,160	5-35
ДО-МФ2С-2,0-0,6-ОВТ	ОВТ.220.00.000.СБ	2000	4535	5,800	10-60
ДО-МФ2С-2,6-0,6-ОВТ	ОВТ.226.00.000.СБ	2600	4810	9,200	15-105
ДО-МФ2С-3,0-0,6-ОВТ	ОВТ.230.00.000.СБ	3000	5070	11,00	20-140
ДО-МФ2С-3,4-0,6-ОВТ	ОВТ.234.00.000.СБ	3400	5253	14,80	30-180
Рабочее давление – 0,6 МПа					

С целью последующего продвижения технологии динамического осветления в 2012 г. ЗАО НПП ОВТ разработала и запатентовала устройство “Динамический осветлительный фильтр” (ДОФ), представляющее собой двухкамерный аппарат, состоящий из верхней камеры грубой очистки и нижней камеры тонкой очистки (Рис. 4).

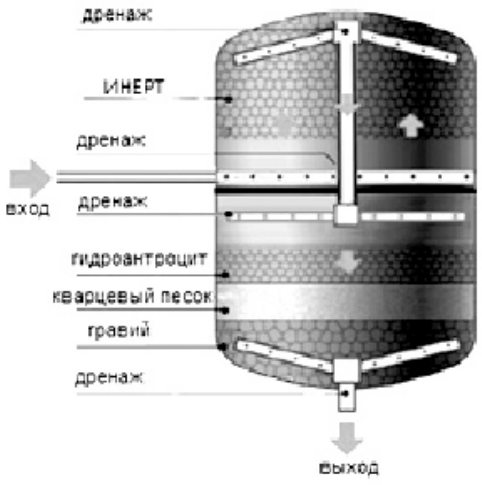


Рис. 4 Схема ДОФ

Принцип работы ДОФ заключается в том, что предварительно в исходную воду последовательно дозируется коагулянт и флокулянт для образования хлопьев загрязняющих веществ. Фильтрация воды производится последовательно восходящим потоком через камеру грубой очистки, загруженной плавающим инертным материалом марки INERT® (гранулометрический состав 3-5 мм) и далее нисходящим потоком через камеру тонкой очистки, загруженной крупнозернистым (1,2-2,5 мм) гидроантроцитом (верхний слой) и мелкозернистым (0,6-1,2 мм) кварцевым песком (нижний слой).

Периодическая взрыхляющая промывка проводится водой в противоположном направлении. Сначала промывная вода подается снизу вверх в камеру тонкой очистки, промывая последовательно слой кварцевого песка и слой гидроантрацита. Далее промывная вода через центральную трубу попадает в камеру грубой очистки и сверху вниз промывает слой плавающего инертного материала.

Внешний вид ДОФ представлен на рис 5, а технические характеристики в табл. 4.

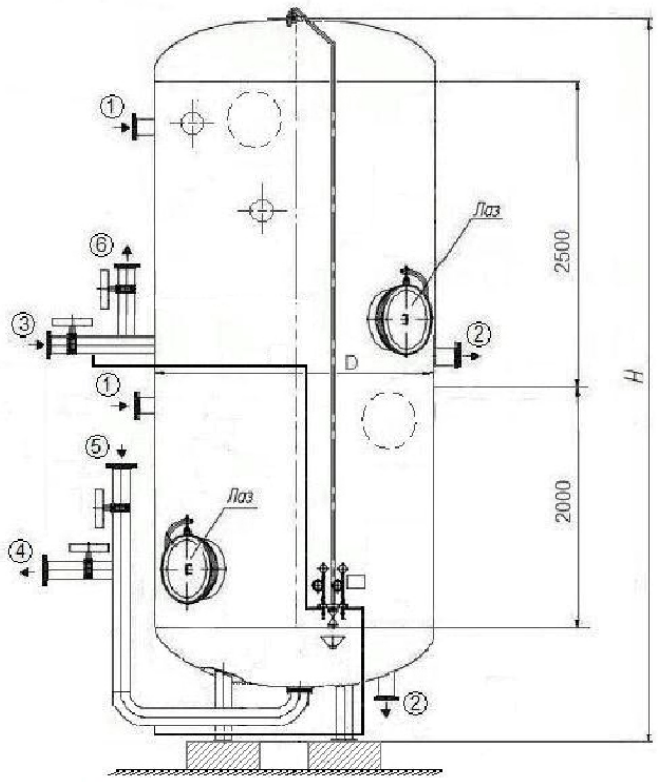


Рис. 5 Внешний вид ДОФ

1 – штуцер загрузки фильтрующего материала, 2 – штуцер выгрузки фильтрующего материала,
3 – трубопровод входа очищаемой воды, 4 – трубопровод выхода осветленной воды,
5 – трубопровод входа промывной воды, 6 – трубопровод выхода промывной воды.

Таблица 4

ТИПОРАЗМЕРЫ					
Условное обозначение	Номер чертежа	Габариты			Производи-тельность $м^3/ч$
		Диаметр (D), мм	Высота (H), мм	Масса, т	
ДОФ-1,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1110.00.000. СБ	1000	4949	1,560	3-15
ДОФ-1,4-0,6-ОВТ	ОВТ.1114.00.000. СБ	1400	5215	2,140	5-30
ДОФ-1,5-0,6-ОВТ	ОВТ.1115.00.000. СБ	1500	5896	2,500	5-35
ДОФ-2,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1120.00.000. СБ	2000	6098	4,814	10-60
ДОФ-2,6-0,6-ОВТ	ОВТ.1126.00.000. СБ	2600	6494	7,360	15-105
ДОФ-3,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1130.00.000. СБ	3000	6900	9,130	20-140
ДОФ-3,4-0,6-ОВТ	ОВТ.1134.00.000. СБ	3400	7065	12,30	30-180
Рабочее давление – 0,6 МПа					

Использование ДОФ при новом строительстве позволит обеспечить высокое качество осветленной воды (на уровне питьевой воды) при меньших габаритах, так как в одном аппарате совмещены стадии осветления и последующей финишной (тонкой) фильтрации через двухслойную зернистую загрузку (гидроантроцит, кварцевый песок).

В настоящее время завершается строительно-монтажные работы на установке ВПУ с использованием ДОФ диаметром 1,5 метра и проектной производительности 75 $м^3/ч$ на Нефтехимическом заводе, г. Павлодар, Республика Казахстан. Предполагаемый срок ввода в эксплуатацию ВПУ – ноябрь 2013 года.

В таблице 5 представлены сравнительные данные по степени очистки, процент сточных вод и срок службы фильтрующих материалов технологии динамического осветления воды в сравнении с традиционной технологией (осветлители ВТИ) и зарубежной технологией (ультрафильтрацией) предварительной очистки поверхностных вод.

Таблица 5

Показатели исходной воды	Ед. изм.	Исх. вода	Традиционные осветлители (ВТИ) и ФОВ	Ультра-фильтра-ция (УФ)	После ДОФ (ДО-МФ)
Взвешенные вещества	мг/л	5-100	3-10	1,0	1,0
Общее железо	мг/л	0,3-2	0,2-0,5	0,1	0,1

Алюминий	мг/л	0,1-0,5	0,1-0,3	0,1	0,1
Перманганатная окисляемость	мгO_2/л	5-25	2-10	2-5	2-5
ХПК	мгO_2/л	20-80	10-40	10-20	10-20
Цветность	Град	50-250	20-50	20	20
Количество сточных вод от производительности	%	-	7-10	20-30	2-3
Срок службы фильтрующих материалов/мембран для УФ	лет	-	5-10	2-4	10-20

В заключении хотелось бы отметить, что представленная отечественная технология динамического осветления воды (либо ДО-МФ, либо ДОФ) намного совершеннее и экономичнее в сравнении с известными технологиями (осветлители ВТИ, ультрафильтрация), а также позволяет использовать ее для очистки природных и сточных вод, что подтверждается первыми результатами ее внедрения.

Рациональное использование воды на основе технологии обратного осмоса для водоподготовки и очистки сточных вод

Первов А.Г., Матвеев Н.А (каф. Водоснабжения МГСУ)

Аннотация

Представлены результаты исследований по созданию новых технологий водоподготовки и очистки сточных вод от нефтепродуктов и СПАВ, в основе которых лежит использование обратного осмоса с новыми типами мембранных аппаратов "с открытым каналом". Благодаря устранению причин осадкообразования в аппаратах, исходная вода может концентрироваться в них в десятки раз. При этом расход концентрата уменьшается, составляя не более 1% расхода исходной воды. При таком небольшом расходе концентрат (водный раствор, содержащий все загрязнения в сконцентрированном виде) удаляется вместе с осадком. Представлены расчеты по определению экономического эффекта в случае комплексного использования и утилизации ливневых вод в технических целях.

Ключевые слова: очистка воды, водоподготовка, нефтепродукты, обратный осмос, утилизация, концентрат установки, поверхностный сток, взвешенные вещества, тяжелые металлы.

Современная концепция рационального водопользования предполагает разработку и применение систем повторного использования воды на предприятиях с целью уменьшения забора свежей воды и сброса сточных вод.

Предлагаемый подход к решению задачи снижения общего количества сбрасываемых загрязнения предполагает применение на промышленных объектах для доочистки и повторного использования бытовых, производственных и ливневых стоков универсальных локальных станций очистки с технологией обратного осмоса [1]. Повторное использование биологически очищенных сточных вод, доочищенных с помощью систем обратного осмоса, находит все более широкое практическое внедрение [2].

Создание систем повторного использования бытовых сточных вод в производственных процессах является эффективным и окупаемым методом рационального водопользования. При наличии на предприятиях локальных систем биологической очистки стоков мембранные системы могут применяться для доочистки воды с целью ее повторного использования или сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения. Для многих объектов задача очистки бытовых сточных

вод с целью их сброса в водоемы не может быть решена классическими методами биологической очистки.

Современные нормативные требования, предъявляемые к составу воды, сбрасываемой в водоемы рыбохозяйственного назначения, подразумевают глубокое удаление биогенных элементов (ионов аммония, нитритов, нитратов, фосфат-ионов). Для достижения такого уровня используются современные технологии биологической очистки (мембранные биореакторы и др.) [3; 4]. Это значительно усложняет и удорожает сооружения биологической очистки. Системы доочистки биологически очищенных сточных вод с применением систем обратного осмоса обеспечивают высокое качество доочищенной воды, что позволяет не только сбрасывать ее в водоемы рыбохозяйственного назначения, но и использовать для технологических нужд (подпитки систем отопления, охлаждения, водоподготовки котельных) и в технических целях (мойка автомобилей, полив территорий).

Обратноосмотические мембраны позволяют удалять из воды растворенные ионы солей, в том числе биогенные элементы: ионы аммония, нитрат- и нитрит-ионы, фосфаты, а также растворенные органические вещества, обобщенно представляемые показателем биологической потребности в кислороде (БПК). Применение обратноосмотических мембран на первой ступени очистки позволяет удалить из воды все загрязнения, снизив их содержание до величин, определяемых современными нормативами на качество воды, сбрасываемой в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Для большинства объектов встает вопрос утилизации концентрата. Для оценки возможного уменьшения расхода концентрата авторами проведены пилотные испытания мембранной установки, работающей по принципу «глубокого концентрирования» - уменьшения объема концентрата сточной воды в две ступени.

Использование второй ступени очистки с мембранами нанофильтрации без больших энергозатрат снижает объем концентрата до 1% и ниже (от общего объема очищаемой воды).

В установке биологической очистки избыточный активный ил удаляется после отстаивания и направляется на иловые площадки. При этом объем воды в избыточном иле (его влажность) не превышает 1% и менее от общего расхода очищаемой воды. Концентрат первой ступени (20% общего расхода) направляется на вторую ступень, где концентрируется с помощью нанофильтрационных мембран с селективностью 70%. Фильтрат второй ступени смешивается с исходной водой. Сконцентрированный в 100 раз по объему раствор смешивается с

исходной водой. Сконцентрированный в 100 раз по объему раствор имеет солесодержание 25-30 г/л, поэтому для обеспечения производительности мембран второй ступени 60-80 л/ч используются последовательно насосы 6 бар и 8 бар, поддерживая рабочее давление на уровне 14-15 бар.

Сущность комплексного подхода заключается в следующем. Объем сбрасываемого концентрата мембранной установки определяется величиной общего солесодержания исходной сточной воды и «возможностями» мембран – максимально достижимой в процессе концентрирования сточной воды величиной общего солесодержания сбрасываемого концентрата. Экспериментально установлено, что эта величина составляет порядка 30 г/л. При достижении более высоких концентрация солей резко падает производительность мембран, и необходимо повышение рабочего давления, что требует применения другого насосного оборудования и увеличения затрат на электроэнергию. Схема экспериментальной установки представлена на Рис. 1.

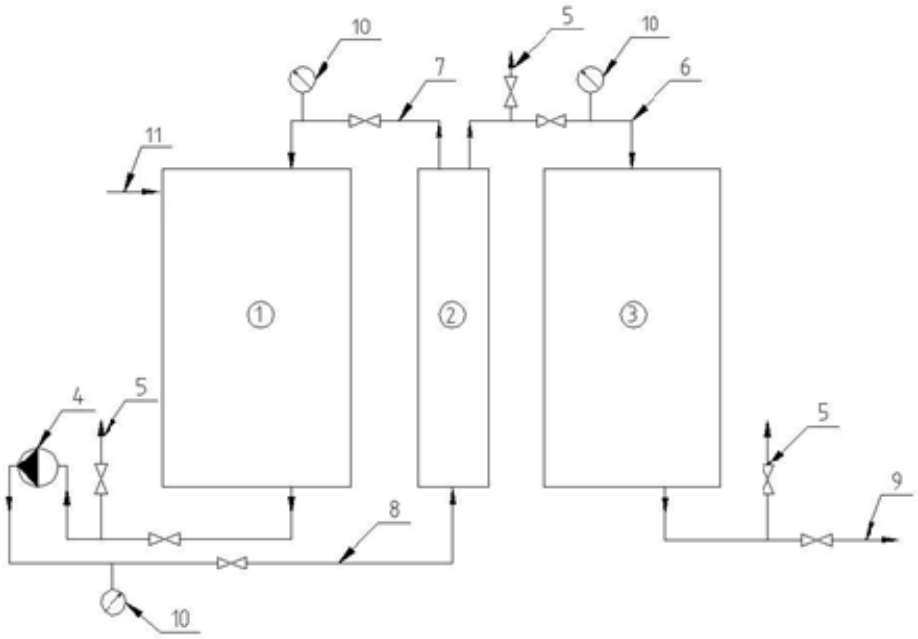


Рис. 1

1 – емкость исходной и концентрированной воды; 2 – обратноосмотическая мембрана; 3 – емкость чистой воды (фильтрата); 4 – насос; 5 – пробоотборный кран; 6 – фильтрат; 7 – концентрат; 8 – подача исходной воды; 9 – сброс фильтрата; 10 – манометр; 11 – заполнение системы исходной водой.

Таким образом, для уменьшения сбросного расхода концентрата можно либо увеличивать концентрацию солей в фильтрата, отводящемся с установки, либо понизить солесодержание поступающей на очистку сточной воды. Увеличить

солесодержание фильтрата можно путем смешения с фильтратом первой ступени части фильтрата второй ступени. При этом наряду с повышением солесодержания в фильтрате увеличивается содержание ионов аммония, нитрат-ионов и фосфат-ионов. Поэтому такое смешение следует делать в случаях, когда очищенная вода направляется на повторное использование и по своему качеству соответствует требованиям к воде, используемой для полива, автомойки, подпитки систем охлаждения и т.д.

Для рационального использования природной воды и снижения количества сбрасываемых стоков можно уменьшить общее потребление воды путем внедрения системы повторного использования очищенных сточных вод, направляя их в котельную, подпитывая контуры отопления и охлаждения, используя ее для полива и на участке мойки автомобилей с замкнутым циклом. Ливневые воды промышленной площадки также очищаются с помощью установки обратного осмоса и повторно используются для тех же самых целей.

Сложность проблемы очистки поверхностного стока состоит в том, что системы его очистки должны быть рассчитаны на высокие значения расходов и соответственно иметь высокие капитальные затраты. Специфика химического состава таких вод (концентрации нефтепродуктов и СПАВ) требует применения дорогостоящих систем очистки (сорбционной) с частой заменой сорбционных фильтрующих загрузок, что требует чрезвычайно высоких эксплуатационных затрат, часто совершенно не окупаемых.

Предлагаемый подход состоит в том, что следует подвергать глубокой очистке с применением мембран не весь сток, а сосредоточиться на выявлении очагов загрязнений (промышленных объектов, перечисленных выше), для чего может быть организована специальная независимая комиссия, состоящая из экспертов разных специализированных организаций. Весь сток может быть разбит на большую, малозагрязненную часть, и малую часть, содержащую нефтепродукты в высоких концентрациях.

Концепция окупаемости таких установок состоит в следующем: мембранные установки универсальны в удалении различных загрязнений, поэтому на предприятиях такие системы могут использоваться как для целей водоподготовки (из подземных и поверхностных источников, а также из водопровода), так и для очистки загрязненных поверхностных сточных вод. Во время дождя установка водоподготовки переключается на обработку ливневых стоков, в этом случае забор воды из водопровода не происходит. Использование новой концепции «открытого» канала позволило создать ряд технологических схем, позволяющих предложить

простые и недорогие решения по очистке от нефтепродуктов ливневых стоков объектов загрязнений (промплощадок, АЗС и др.).

При расчете сооружений проектировщики основываются на значениях расчетного содержания нефтепродуктов. Источником попадания в ливневые воды нефтепродуктов являютя места скопления автомобилей – автостоянки, пожарные станции, гаражи, АЗС. Расчетные количества нефтепродуктов в ливневых стоках таких объектов составляет 10 мг/л.

Совершенно очевидно, что источником нефтепродуктов во всем объеме стоков являются перечисленные выше объекты, суммарная площадь которых составляет не более 10% общей расчетной площади водосбора. Если принять, что их расчетная нагрузка по нефтепродуктам на локальные системы очистки составляет 60 мг/л, а расчетная нагрузка на станцию очистки ливневых стоков всего водосброса составляет 10 мг/л, то можно считать, что площадь водосбора в местах локальных загрязнений, и соответственно, расчетный суммарный расход загрязненных стоков составляет 10% всего количества сточных вод.

При очистке ливневых вод [5] принимается, что сооружения физико-механической очистки (отстойники, фильтры) задерживают до 80% нефтепродуктов, а остатки нефтепродуктов эффективно задерживаются сооружениями сорбционной очистки. Поэтому для всего собираемого стока можно предусмотреть только сооружения механической очистки для удаления взвешенных веществ или оставить сорбционные сооружения, которые работают без частой замены быстро истощающихся сорбционных загрузок.

Для разработки процесса очистки ливневой воды от нефтепродуктов с применением обратноосмотической установки требуются данные по эффективности задержания мембранами нефтепродуктов, СПАВ, уменьшение органических соединений, различных ионов солей.

Установка работает в циркуляционном режиме, при этом исходная вода концентрируется в установке в 40-50 раз по объему. Сконцентрированные загрязнения (нефтепродукты, ПАВ, органические соединения) выводятся из установки вместе с влажным осадком взвешенных веществ. Параметры процесса концентрирования дождевой воды и ее очистки определяются экспериментально на установке. Эксперименты проводились на дождевой воде, в которую добавлялись моющие средства в концентрации 50-100 мг/л, нефтепродукты (бензин и масло) в концентрациях 60 мг/л. Целью экспериментов было проведение концентрирования исходного раствора и определение параметров работы установки (производительности мембран, эффективности

очистки, состава концентрата) при увеличении кратности объемного концентрирования.

Общие экономические соображения и экономический эффект на примере типового проекта с применением традиционной схемы с сорбционной очисткой производительностью 2 $м^3$/час сведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные экономические показатели схем очистки ливневых вод.

		Ед. изм.	Схема I (очистка по «традиционной» схеме)	Схема II (очистка обратноосмотической установкой)
1	Общее расчетное количество загрязнений: по СПАВ по нефтепродуктам по взвешенным веществам	мг/л	 5,0 36 948	 5,0 36 948
2	Общее количество сточных вод: поступающих на ЛОС	$м^3$/час $м^3$/сутки $м^3$/год	2 48 17 520	2 48 17 520
3	Стоимость станции	руб.	13 000 000	10 000 000
5 5.1.5.2.5.3.	Эксплуатационные затраты Электроэнергия Расходные материалы (замена фильтрующей загрузки) Химические промывки мембран	руб./год кВт	 34 000 203 000 –	 45 000 – 30 000
6.	Замена мембран (1 раз в 3 года)	руб./год	–	16 000
7.	Итого эксплуатационные затраты	руб./год	237 000	91 000

Расчетная пропускная способность станции составляет 48 $м^3$/сут. Технологическая «традиционная» схема очистки включает отстаивание, фильтрование на осветлительных фильтрах, сорбция на фильтрах с активированным углем. В установке использованы 3 напорных осветлительных фильтра с загрузкой из полиэфирного

волокна и активированного угля, 3 фильтра тонкой очистки с сорбционной, и установка УФ-обеззараживания. Для накопления стока перед станцией предусмотрена аккумулирующая емкость объемом 120 $м^3$, следом за которой отсек тонкослойного отстаивания.

Самой дорогой частью эксплуатационных затрат такой станции, помимо затрат на электроэнергию, являются расходы на замену угля и полиэфирного волокна. Так, при запланированной смене сорбционной загрузки 1 раз в год (после исчерпания сорбционной способности) потребуется 900 кг угля и 120 кг полиэфирного волокна. При стоимости угля 120 руб./кг и полиэфирного волокна 417 руб./кг затраты будут составлять 203 000 руб./год.

При использовании представленного в настоящей работе подхода к решению проблемы, состоящего из замены в технологической схеме фильтров на обратноосмотическую установку очистки поверхностных сточных вод и их повторного использования, оказывается возможным сократить эксплуатационные затраты и повысить качество очистки.

Выводы:

С целью уменьшения объемов забора свежей воды и сброса сточных вод для очистки, доочистки и повторного использования бытовых, производственных и ливневых стоков предлагается применять универсальные локальные очистные станции. Создание систем повторного использования бытовых сточных вод является эффективным и окупаемым методом рационального водопользования.

Литература:

1. С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинова , В.Н. Родин «Комплексное использование водных ресурсов», -М. : Высш. шк., 2005.-384 с..

2. И.В. Малинина, Г.П. Варюшина «Усовершенствованная технология очистки поверхностных сточных вод», Водоснабжение и санитарная техника, 2009, № 8, 72-73

3. Первов А.Г. Андрианов А.П. Юрчевский Е.Б. «Совершенствование конструкций мембранных аппаратов.// Водоснабжение и санитарная техника», 2009. №7 с.77-87

4. Первов А.Г., Смирнов Д.Г. Мотовилова Н.Б.. «Мембранные технологии для доочистки сточных вод»,// Водоснабжение и санитарная техника, 2009, №7,с.48-52

5. Первов А.Г., Матвеев Н.А., Карасев П.Л. «Предотвращение загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами и СПАВ путем использования универсальных локальных очистных систем обратного осмоса», Водоснабжение и санитарная техника, 2013, № 1, 36-39.

Новое в технологиях аналитического химического контроля для обеспечения водно-химических режимов теплотехнического оборудования

Муравьев А.Г., к.х.н., директор производственно-лабораторного комплекса - ЗАО «Крисмас+»

Аналитический химический контроль (АХК) – одно из важных мероприятий, обеспечиваемых в порядке водно-химического контроля на предприятиях теплоэнергетики. Проведению АХК, методике работы, планам контроля посвящены различные нормативные документы: ОСТ группы 34-70-… и РД 34-37-… («Воды производственные тепловых электростанций. Методы определения показателей качества», 1988-1992 г.г.), см. также методические указания [1-4] (1991-98 г.г.) и др. Характерно, что указанные документы обязательны к исполнению и сегодня, несмотря давность их введения.

Большинство методов, регламентирующих методики АХК, относятся к методам «мокрой химии». В отличие от подобных методов, применяемых в профессиональных химических измерениях показателей качества питьевой, природной, сточной вод класса ПНД Ф или РД 52, которые в обязательном порядке имеют показатели точности, методы, регламентированные для АХК, показателей точности не имеют. Это некоторые специалисты связывают, предположительно, со значительной разницей в условиях анализа, выполняемого в нормальных климатических условиях, и условий функционирования анализируемой среду в рабочих условиях (воды и пара, работающих в условиях высоких значений температур и давлений). Тем не менее, аналитики должны выполнять определения по вышеуказанным документам.

Данное обстоятельство создает значительные сложности с обеспечением единства и правильности измерений в силу отсутствия возможности воспроизведения единицы массовой концентрации анализируемого показателя в условиях функционирования рабочих сред и потоков теплотехнического и аналогичного (например, судового) оборудования. Такая ситуация приводит к тому, что, в то время как для портативных комплектов (тест-комплектов, полевых лабораторий) для анализа питьевой и природной воды анализ выполняется по аттестованным методикам измерений (МИ разработки ЗАО «Крисмас+»), портативное оборудование для анализа котловой воды основано на методиках, приведенных в действующих отраслевых НТД (см. выше).

В условиях среднесписочного предприятия теплоэнергетики (например, средней котельной) содержать собственную аналитическую лабораторию представляется в современных

условиях проблематичным. И еще более проблематичным является реализация ее персоналом планов АХК с соблюдением комплекса требований – отбора и подготовки проб, правил и объема определений, подготовки реагентов, содержания реагентного хозяйства и т.п.

Следует иметь в виду, что для большинства ситуаций химический контроль включает текущий оперативный контроль за всеми стадиями подготовки подпиточной воды, включая процесс деаэрации, за водно-химическим режимом тепловой сети, а также углубленный периодический контроль за всеми типами вод с целью фиксации фактического режима энергетической установки в целом (см., например, [3], п. 3.2.1).

При отсутствии приборов непрерывной фиксации показателей в котельных всех типов рекомендуется организовать отбор представительных среднесуточных проб этих вод для анализа в дневную смену, в объеме согласно таблице (для условий нормальной эксплуатации).

Примечания к таблице 1

1. Обозначения: 1 и 3 – соответственно 1 и 3 раза в сутки; Н – 1 раз в неделю; М – 1 раз в месяц.
2. Для некоторых схем или фаз водоподготовки объем контроля может увеличиваться по заключению головной ведомственной энергетической организации

Таблица

Объем аналитического химического контроля

Теплопроизводительность котла, МВт (Гкал/ч)	Анализируемый поток воды или точка отбора пробы	Прозрачность	Щелочность об-щая и по фенол-фталеину	Жесткость общая	Хлориды	Солесодержание	Кислород	Железо	Значение pH	Окисляемость перманганатная	Сульфаты	Жесткость карбонатная	Условная суль-фатно-кальцие-вая жесткость	Карбонатная щелочность	Нефтепродукты
< 35 (30)	Исходная	М	М	М	М	—	—	М	М	М	М	М	М	М	Н
	Осветленная	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Химически обработан-ная	1	1	1	М	—	—	М	М	—	М	М	М	М	
	После деаэратора	—	—	—	—	—	Н	М	М	—	—	—	—	—	
	После подпиточного насоса	—	1	1	—	—	1	М	М	—	М	М	М	М	Н
	Сетевая вода после сетового насоса	1	1	1	—	—	Н	М	М	—	М	М	М	М	Н
> 35 (30)	Исходная	М	М	М	М	М	—	М	М	М	М	М	М	М	Н
	Осветленная	3	3	3	—	—	—	Н	—	—	—	—	—	—	
	Химически обработан-ная	3	3	3	Н	М	—	Н	Н	—	М	Н	М	Н	
	После деаэратора	—	—	—	—	—	1	Н	Н	—	—	—	—	—	
	После подпиточного насоса	1	1	1	Н	—	3	Н	Н	—	М	Н	М	Н	Н
	Сетевая вода после се-тового насоса	1	1	1	Н	—	1	Н	Н	М	М	1	М	Н	Н
	Сетевая вода перед котлом	—	—	—	—	—	—	Н	—	—	—	—	—	—	

Из таблицы следует, что даже при указанном (минимальном) объеме на каждом объекте энергетики необходимо выполнять АХК. Администрации предприятий и аналитикам для проведения АХК необходимо оборудование, в максимальной степени готовое к применению, требующее минимальной подготовки и обслуживания, обеспечивающее минимальную трудоемкость и максимальную простоту анализов. Неотъемлемым качеством такого оборудования должно быть наличие доходчивого и наглядного методического пособия для оператора, содержание которого согласовывалось бы с действующими нормативными документами по АХК.

Можно рассматривать также вопросы пополнения расходуемой части при выполнении анализов (решается поставкой комплектов пополнения), приготовления сопутствующих специальных материалов (очищенной катионированной воды), пробоотборных устройств и т.п. Данные вопросы требуют от оборудования для АХК характеристик специфического химико-аналитического сервиса.

Целесообразность организации АХК в соответствии с вышеуказанными требованиями обусловило разработку и серийное производство нашим объединением серии образцов для АХК на объектах энергетики: водно-химической экспресс-лаборатории «ВХЭЛ» (3 модификации), различных тест-комплектов, вспомогательного оборудования для отбора проб и приготовления очищенной воды и др.

Данные технологические решения по проведению АХК, по нашему мнению, обладают новизной, т.к. предоставляют инструментарий, способный в большей степени удовлетворить потребности аналитиков в теплоэнергетике и на методически сходных предприятиях [5-7].

Контакты: muravyov@christmas-plus.ru

Летература:

1. РД 10-165-97. Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов.
2. РД 10-179-98. Методические указания по разработке инструкций и режимных карт по эксплуатации установок докотловой обработки воды и по ведению водно-химического режима и водогрейных котлов.
3. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля.
4. РД 24.032.01-91. Методические указания. Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнических котлов.

5. Муравьев А.Г., Осадчая Н.А. Преодоление противоречий в химическом анализе: от тест-систем к методикам выполнения измерений. Сборник тезисов докладов семинара «Противоречия в химико-аналитической практике и пути их преодоления», в рамках 10-й международной специализированной выставки «АналитикаЭкспо-2012», КВЦ «СОКОЛЬНИКИ», г. Москва, 10 апреля 2012 г.

6. Муравьев А.Г. Методы и оборудование при водно-химическом анализе. Сборник тезисов докладов 4-й конференции «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования», в рамках 16-й Международной выставки «ХИМИЯ-2011», Экспоцентр «На Красной Пресне», г. Москва, 25 – 26 октября 2011 г.

7. Водно-химическая экспресс-лаборатория «ВХЭЛ» котловая. Руководство по применению РП 203-82182574-13.

Технико-экономические показатели использования электрохимического способа водоподготовки на водоемких энергообъектах

Казимиров Е.К. - ООО «Азов», Казимиров О.Е. - ООО «Дизель»

К разряду водоемких можно отнести объекты горячего водопользования (ГВС) и системы оборотного водопользования (ОВ), использующих воду в качестве охлаждающего агента.

В зависимости от благоустройства жилого помещения потребление горячей воды варьируется от 85 до 130 л/сут на человека. Если принять для расчета расход 100 л/сут, то город населением 50 000 жителей использует и сбрасывает в канализацию из системы ГВС 1 800 000 $м^3$ сетевой воды в год.

Система оборотного водопользования в производственной сфере достигает более 80% от общего водопотребления. Применительно к бассейну р. Волги, где расположены крупнейшие промышленные объекты и проживает около 25% населения Европейской территории России, потребление воды из оборотных систем водопользования составляет более 60 $км^3$ /год.

Технология водооборота с использованием испарительных охладителей (градирен) допускает постоянный сброс сетевой воды в количестве от 0,5 до 2% от общего потребления. Для европейской территории России сброс с оборотных систем водопользования может варьироваться от 0,3 до 1,2 $км^3$ сетевой воды.

Большой объем сбросов сетевой воды из систем ГВС и ОВ определяет особое внимание к технологии водоподготовки, влияющей как на технико-экономические показатели, так и на состояние окружающей среды.

Каждый вид водоподготовки с сопутствующими стадиями обработки призван решать вопросы ингибирования накипеобразования, биообрастания теплопередающих поверхностей, гарантировать отсутствие отложений взвешенных веществ и коррозии в теплофикационных трубах.

Укрупнено, способы водоподготовки наиболее рекомендуемые и применяемые в настоящее время можно подразделить на 4 вида (Таблица 1).

Таблица 1

№ п/п	Вид водоподготовки	Стадии обработки сетевой или подпиточной воды для достижения нормативных значений по показателям				
		Накипеобразование (ГВС, ОВ)	Коррозия (ГВС, ОВ)	Содержание взвешенных веществ	Аэробное биообрастания или анаэробная сульфатредукция	
				ОВ	ГВС	ОВ
1	Ионообменный	Ионообменная фильтрация	Деаэрация	Фильтрация от взвешенных частиц и биопленки	Ингибирование анаэробной сульфатредукции	Ингибирование аэробного биообрастания
2	Комплексонатный	Дозирование антинакипина	Дозирование цинкосодержащего антинакипина	Фильтрация от взвешенных частиц и биопленки	_____	Ингибирование аэробного биообрастания
3	Физические: магнитный, электромагнит-ный, ультразвуковой, акустический	Обработка в аппаратах физического воздействия	Дозирова-ние ингибито-ров коррозии	Фильтрация от взвешенных частиц и биопленки	_____	Ингибирование аэробного биообрастания
4	Электрохимический	Обработка электрохимическим аппаратом типа АЭ-АО и АЭ-АВ с периодической стадией хлорирования				

Виды водоподготовки и их основные стадии

Наиболее ценной является информация о практическом использовании того или иного способа водоподготовки. В данном докладе представлен материал по использованию электрохимического способа на действующих объектах, позволяющий оценить его в спектре альтернативных способов водоподготовки.

Использование электрохимического способа водоподготовки для систем горячего водоснабжения

Из более сотен объектов ГВС, использующих электрохимические аппараты для водоподготовки типа АЭ-А, в данном докладе рассматриваются четыре объекта (Таблица 2), которые, во-первых,

имеют высокие показатели жесткости и суммарную концентрацию ионов хлора и сульфатов, во-вторых, (объекты 1-3) имеют срок эксплуатации более 10 лет и, наконец, в-третьих, до монтажа аппаратов типа АЭ-А на данных теплообъектах использовались другие способы водоподготовки (объекты 1, 2, 4).

Реальная величина интенсивности накипеобразования на действующих объектах легко просчитывается по контрольным замерам жесткости карбонатной подпиточной воды (из водозабора) и сетевой воды, а также показателю величины подпитки

Усредненные показатели качества воды поступающей на энергообъекты 1-4 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Усредненные показатели качества воды поступающей в котельную

№ п/п	Контролируемый параметр	Размерность	Значение параметра *			
			1	2	3	4
1	Жесткость общая	мг.экв/л	7,6	8,1	7,2	6,9
2	Жесткость карбонатная	- // -	6,8	6,2	4,0	6,0
3	Жесткость кальциевая	- // -	4,1	5,6	6,1	5,4
4	Общее солесодержание	мг/л	500	480	458	380
5	pH		7,6	7,1	7,7	7,5
6	Суммарное содержание ионов Cl^- и SO_4^{-2}	мг/л	109	171	136	39

* 1. п.Чернышиха, Нижегородская область. 2. г. Коломна, Московская область. 3. п. Ворсма, Нижегородская область. 4. г. Чехов, Московская область

Для объекта – 4 имеют место следующие показатели (без аппарата АЭ-А):

- Жесткость карбонатная в воде водозабора – 6 ,0 мг.экв/л;
- Жесткость карбонатная в сетевой воде ГВС – 4,8 мг.экв/л;
- Усредненный объем подпитки 50 $м^3$/час.

Количество солей жесткости (карбоната кальция) выделяющиеся в системе ГВС (C_c, кг/час) составит:

$C_c = 30 * (6,0 – 4,8) * 20 / 1000 = 0,72$ кг/час,

где 20 – пересчет мг.экв /л в г/$м^3$;

1000 – пересчет г в кг.

Соответственно количество выделившихся солей в месяц – 0,72 * 24 * 30 = 518 кг.

На объекте 4 использовались последовательно во времени три режима водоподготовки:

- Первый, без какой-либо обработки подпиточной воды;
- Второй, с использованием способа «Anti Ca^{++}» для обработки подпиточной воды;
- Третий, с использованием ультразвуковой установки.

Работа в первом режиме, т.е. без какой-либо водоподготовки приводила к сплошному зарастанию пластинчатых теплообменников и необходимости их остановок через каждые 2-3 недели для чистки. В процессе чистки из теплообменного пространства выгружались твердые пластинки (шоколадки) солей накипи.

При работе во втором режиме использовался способ «Anti Ca^{++}» для обработки подпиточной воды, а возвратная сетевая вода (обратка) поступала в теплообменник без дополнительной стадии фильтрации. При работе системы ГВС в данном варианте интервал работы пластинчатых теплообменников без чистки увеличивался в 2-3 раза, однако проблема ненормативного зарастания теплопередающих поверхностей не решалась.

При работе в третьем варианте результат снижения накипеобразования был не лучше, чем во втором варианте.

При использовании всех трех вариантов помимо отложений накипи в теплообменниках наблюдалось зарастание трассировочных труб ГВС у потребителя, особенно в высотных зданиях.

Переход на данном энергетическом объекте – 4 на систему водоподготовки с использованием электрохимических аппаратов позволил перейти к безостановочной работе пластинчатых теплообменников, т.е. организовать работу в соответствии с нормативными требованиями.

На Рис. 2 приводится принципиальная технологическая схема привязки электрохимического аппарата типа АЭ-А к действующей системе ГВС объекта 4. Согласно данной схемы видны следующие особенности подключения аппарата:

- аппарат подключен в байпасном варианте, т.е. остановка его для выгрузки уловленных солей накипи не приводит к необходимости остановки работы котельной (сетевых насосов ГВС);
- аппарат установлен на обратном сетевом трубопроводе от потребителя перед сетевым насосом, но после подпитки. Т.е. через аппарат проходит как обратная сетевая вода, так и подпиточная.

Важно отметить, что расчетное количество выделяющихся солей жесткости (расчет см. выше) практически соответствовало количеству уловленных солей накипи, выгружаемых из аппарата АЭ-А в процессе его периодической чистки.

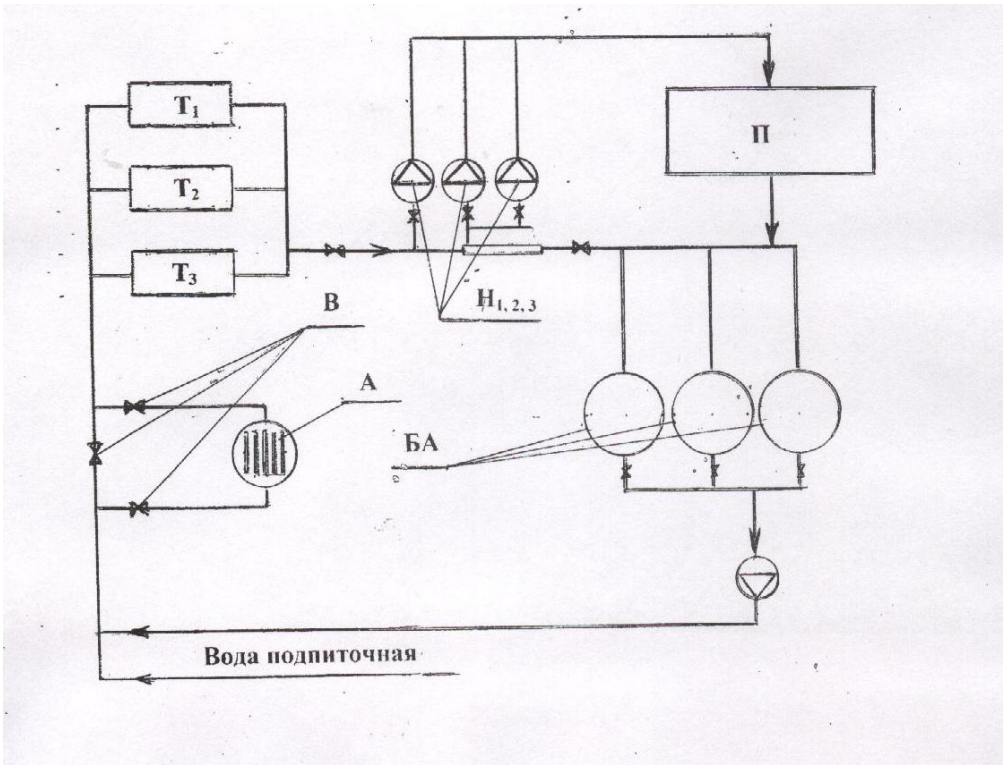


Рис. 2 Принципиальная схема подключения аппарата АЭА-Т-350 к системе ГВС (г. Чехов)

$Т_{1,2,3}$ – теплообменники; $Н_{1,2,3}$ – сетевые насосы; БА – баки аккумуляторы; П – потребитель; А – антинакипной электрохимический аппарат; В – вентиля байпасного подключения.

На объектах 1, 2 первоначально использовалась водоподготовка на ионообменных фильтрах без стадии деаэрации. На объекте 1 по усредненным показателям расход хлорида натрия для регенерации ионообменных фильтрах составил около 300 т/год. При стоимости соли на момент ее использования 600 руб./тонна, затраты на ее приобретение составили примерно 180 000 рублей, что являлось значимым показателем даже без учета других эксплуатационных расходов.

Так как вода после ионообменной водоподготовки приобретала высокую коррозионную активность, на объекте имели место выхода из строя участков трассировочных труб из-за питтинговой коррозии, а из-за параллельной равномерной коррозии наблюдалось повышенное содержание железа в сетевой воде.

Возникла дилемма или увеличивать затратную часть обработки воды за счет ввода в действие новой стадии – деаэрации, или переходить на альтернативный способ обработки – более дешевый и решающий вопросы коррозии.

Как показывает практика при использовании ионообменного способа водоподготовки, со стадией деаэрации себестоимость водоподготовки составляет в среднем 20 руб./м^3. Несложно подсчитать, что для

объекта 1 использующего подпитку в системе ГВС на уровне 30 м^3/час годовые эксплуатационные затраты составили бы:

30 * 20 * 24 * 30 * 12 = 5 184 000 руб.

Переход на систему водоподготовки с электрохимическим аппаратами, принципиальная схема подключения которых дана на Рис. 3, позволил снизить эксплуатационные расходы в год до 120 000 руб. (по ценам 2000 года).

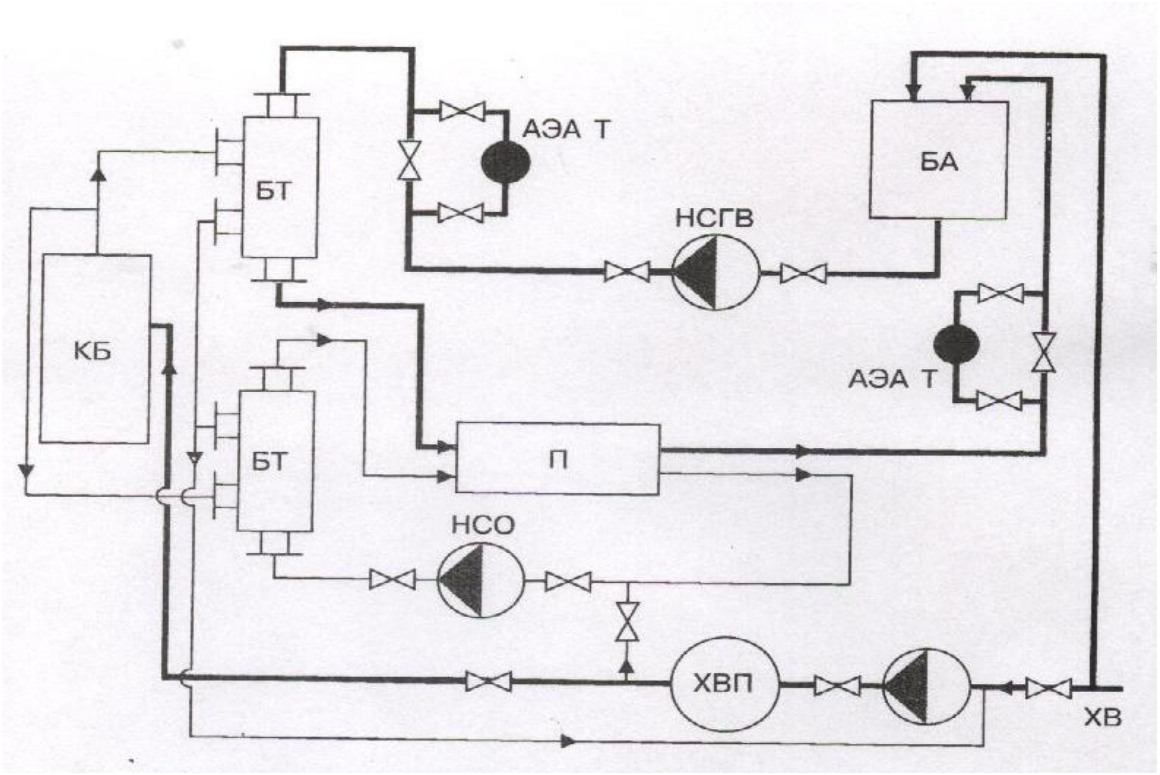


Рис. 3. Принципиальная схема систем отопления и горячего водоснабжения котельной п. Чернышиха

КБ – котельный блок; БТ – блок теплообменников; П – потребитель; НСГВ – насосы сети горячего водоснабжения; НСО – насосы системы отопления; НХВ – насосы холодной (подпиточной) воды; БА – бак-аккумулятор; ХВП – установка химводоподготовки; ХВ – трубопровод холодной воды; АЭА-Т – антинакипной электрохимический аппарат

Немаловажным фактором использования электрохимических аппаратов взамен ионообменного способа является также то, что прекратился сброс в открытые водоемы хлорида натрия и взвешенных веществ. Если плата за данный сброс на объекте 1 не проводилась, то на объекте 2 плата составила несколько десятков тысяч рублей в год (по ценам 2002 года).

В таблице 3 приводится состав накипеобразующей взвеси уловленной в аппарате АЭ-А (объект 1).

Таблица 3
Состав накипи в аппарате АЭА-Т

№ п/п	Показатель	Значение показателя, %
1	Содержание Ca (кальция)	26,60
2	Содержание Mg (магния)	7,80
3	Содержание Fe (железа)	1,12
4	Содержание иона SO_4^{-2}	4,20
5	Содержание CO_3^{-2}	53,90
6	Содержание нерастворимых примесей	6,30

Отметим, что в аппарате АЭ-А улавливаются не только соли кальция, но и магния, а также трехвалентного железа. В солевом составе присутствуют и взвешенные вещества (силикаты и др.), очистка от которых не осуществляет ни один из рассматриваемых аналогов.

При использовании электрохимического способа водоподготовки на объектах 1-4 в качестве подпитки использовалась необработанная вода существующего водозабора без деаэрации. Коррозионная активность сетевой воды после электрохимической обработки сравнивалась с коррозионной активностью подпиточной воды.

Коррозионная активность исследовалась с помощью универсального коррозиометра «ЭКСПЕРТ – 004», способного замерить интенсивность как равномерной, так и питтинговой коррозии. В таблице 4 приведены экспериментальные замеры коррозионной активности в проточном режиме с использованием прибора «ЭКСПЕРТ – 004» для объекта 3.

Таблица 4
Коррозионная активность подпиточной и сетевой воды объекта 3

№ п/п	Тип воды	Температура, ° С	Усредненные данные прибора «ЭКСПЕРТ – 4»	
			Равномерная коррозия, мкм/год	Питтинговая коррозия, мкм/год
1	Исходная вода	17,6	251	332
2	Сетевая вода ГВС после аппарата типа АЭ-А	43,6	138	93,5

Согласно экспериментальным данным равномерная коррозия уменьшится в 1,8 раза, а питтинговая в 3,5 раза. Содержание железа в сетевой воде на объекте 3 (как и на объектах 1,2,4) не превышало 0,2 мг/л, что соответствует нормативным требованиям.

Следует обратить внимание на запредельное (более 50 мг/л) содержание сульфатов и хлоридов, наличие которых, как правило, увеличивают коррозионную активность воды.

Таким образом, использование электрохимического способа водоподготовки в системе ГВС позволяет обеспечить норматив показателя накипеобразования и коррозии (для объектов с общей жесткостью более 3 мг.экв/л). При этом отсутствуют сбросы токсичных веществ в поверхности воды.

Водооборотные системы

Принципиальная схема водооборотной системы на ЗАО «ОСКОЛЦЕМЕНТ» приведена на Рис. 4.

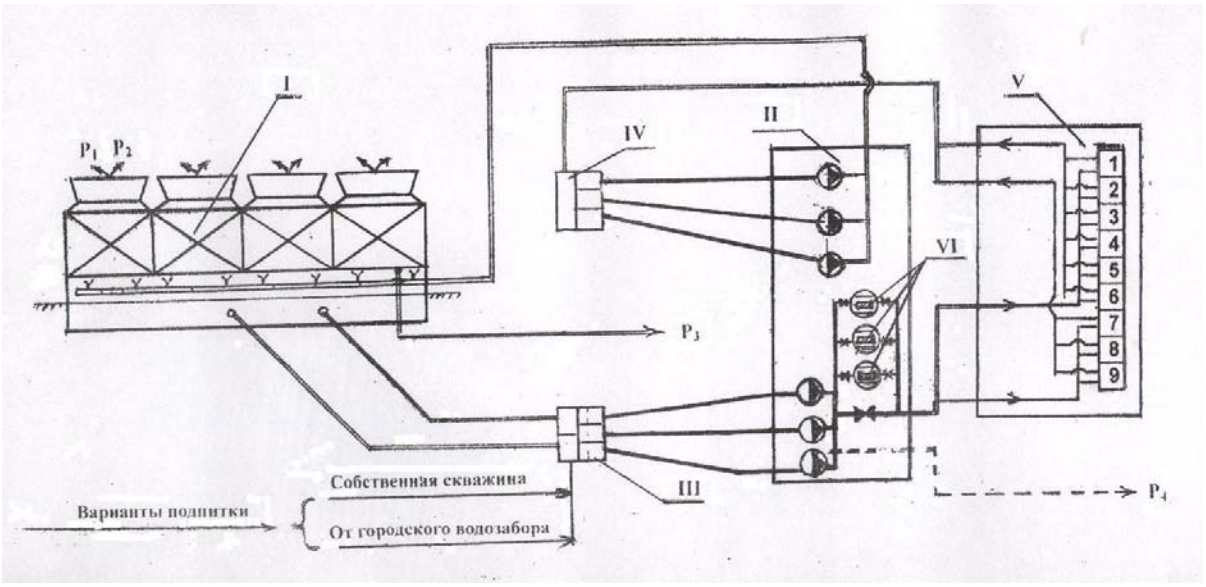


Рис. 4 Принципиальная схема водооборотной системы с электрохимическими аппаратами водоподготовки

I – Блок градирен распылительного типа; II – Насосная; III – Заглубленная камера холодной воды; IV – Заглубленная камера нагретой воды; V – Компрессорная станция; VI – Блок электрохимических аппаратов; 1,2,3,4,5,6,7,8,9 – Теплообменники-охладители к компрессорам; P_1 – Испарение; P_2 – Брызгоунос; P_3 – Продувочный сброс в канализацию; P_4 – Продувочный сброс на нужды другого производства

Согласно технологической схеме электрохимические аппараты типа АЭ-АО подключены к действующей системе в байпасном варианте после камеры холодной воды, куда подается подпиточная

вода. Обработанная в антинакипных аппаратах сетевая вода подается в качестве охлаждающего агента в компрессорную станцию. После компрессорной станции нагретая вода поступает на охлаждающую градирню распылительного типа.

До подключения электрохимических аппаратов подпитка в количестве 37,5 $м^3$/час (324 000 $м^3$ /год) осуществлялась от скважин на территории предприятия и периодически от станции химводоподготовки котельной (ионообменные фильтры) в количестве 15% от общей потребности (5,625 $м^3$/час или 48 600 $м^3$/год).

Физико-химический состав артезианской воды приведен в таблице 5.

Подпитка восполняла потери на испарение и брызгоунос в градирне ($P_1 + P_2$), продувочных сброс в канализацию (P_3) и передачу части сетевой воды на нужды котельной. Величина $P_1 + P_2$ составляла примерно 1,25% от общей производительности водооборотной системы – 12,5 $м^3$/час. Расход воды на «продувку» составлял 18,25 $м^3$/час, а P_3 (сброс в канализацию) – 6,75 $м^3$/час (58 320 $м^3$/год).

При стоимости химочищенной воды 15 руб./$м^3$ затраты на подпитку составляли не менее 729 000 руб./год. При стоимости артезианской воды 3 руб./$м^3$ затраты на подпитку артезианской водой (без учета воды передаваемой в котельную) составляли:

117 720 $м^3$/год * 3 руб./$м^3$ = 353 160 руб./год

Таблица 5

Физико-химический состав артезианской воды

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Реакция среды, pH	6,9 – 7,3
2	Жесткость общая, $Ж_0$, мг* экв/л	5,4 – 5,6
3	Щелочность, $Щ_0$, мг* экв/л	3,9 – 4,1
4	Жесткость кальциевая, Ca^{2+} , мг* экв/л	4,4 – 4,8
5	Жесткость магниевая, Mg^{2+} , мг* экв/л	0,6 – 1,0
6	Содержание Cl^-, мг/л	20 – 24
7	Содержание SO_4^{2-}, мг/л	45 – 50
8	Солесодержание, C_c , мг/л	330 – 350
9	Содержание общего железа, мг/л	0,1 – 0,3

Режим работы водооборотной системы с частичным использованием для подпитки химочищенной на ионообменных фильтрах воды не решал полностью проблему накипеобразования в

теплообменниках компрессорного цеха. Из-за зарастания трубных пучков теплообменника накипью, резко ухудшался теплосъем охлаждающей водой и, как следствие этого, в течение 1,5 – 2 месяцев работы компрессоров наблюдался разогрев температуры подшипников выше допустимых показателей, что вынуждало останавливать компрессора на чистку.

На чистку теплообменников компрессоров затрачивалось 2 016 чел./часов в год, примерно на сумму 180 000 рублей.

С целью снижения эксплуатационных затрат в водооборотной системе завода смонтирован блок из четырех аппаратов типа АЭ-А-350 общей производительностью 1 000 $м^3$/час.

Аппараты подключены к действующей системе в байпасном варианте, позволяющая отключать для чистки их от уловленных солей жесткости как один аппарат, так и весь блок аппаратов без остановки работы всей водооборотной системы (т.е. без отключения сетевых насосов).

Потенциально опасные накипеобразующие частицы улавливались на катодных пластинах электродных кассет, установленных в аппаратах. Каждая кассета (аппарат) улавливала 500 – 600 кг/год накипеобразующих солей.

Состав накипи, уловленной в аппарате, дан в таблице 6.

Таблица 6

Состав накипи, уловленной в аппарате типа АЭ-А (по сухому веществу)

№ п/п	Ингредиент	Содержание, %
1	Кальций	20,6
2	Магний	9,2
3	Железо	2,1
4	Карбонат ион, CO_2^{2-}	53,1
5	Сульфат ион, SO_4^{2-}	0,7
6	Нерастворимая в кислоте (HCl) взвесь	14,3
7	Влага	1,2

Важно отметить, что наряду с солями жесткости в аппарате уловлена инородная взвесь – силикаты, цементная пыль, частицы биопленки и др.

Отметим, что все перечисленные в таблице 2 аналоги водоподготовки требуют организации дополнительной стадии очистки от взвешенных частиц.

Немаловажным фактором является и способность аппаратов типа АЭ-А улавливать биоактивные микрочастицы и пленки,

преграждая таким образом им путь к теплопередающим поверхностям теплоагрегатов. Отсечение активной биомассы от агрегатов позволяет обеспечить их работу без биообрастаний.

В аппарате имеет место не только физический улов биоактивных частиц, но их дезактивация за счет электровоздействия.

Затраты на эксплуатацию аппаратов состоят из расхода электроэнергии, периодической (1 раз в 1,5 года) замены анодов и проведении плановой выгрузки уловленных загрязнений (накипи, взвеси и др.) (3-4 раза в год).

Расходы электроэнергии на один аппарат АЭ-А-350 составляют 0,8 кВт.ч или для четырех, используемых на данном объекте:

4 * 0,8 * 8 640 = 27 648 кВт/год

При стоимости 1 кВт.ч – 5 рублей сумма затрат на электроэнергию составит:

27 648 * 5 = 138 240 руб./год

Срок службы анодов составляет 1,5 года, стоимость их замены для четырех аппаратов в год составляет – 130 000 рублей.

Годовые затраты на четыре чистки составляют – 12 000 рублей.

В таблице 7 приведены затратные эксплуатационные показатели работы оборотной системы объекта в режимах до и после установки аппаратов.

Таблица 7

Затратные показатели работы водооборотной системы ЗАО «ОСКОЛЦЕМЕНТ»
до и после подключения электрохимических аппаратов типа АЭ-А-350

	Вариант технологической схемы	Затраты по стадиям, руб./год				Итого затрат в сумме, руб./год
		Химочищенная вода	Чистка оборудования, аппарата	Затраты электро-энергии	Затраты на замену анодов	
1	До подключения аппаратов АЭ-А	729 000	180 000	86 000	____	995 000
2	После подключения аппаратов АЭ-А	____	12 000	138 240	130 000	280 240

Данные таблицы 7 иллюстрируют, что переход на режим работы водооборотной системы с использованием электрохимических антинакипных аппаратов позволяет снизить эксплуатационные расходы более, чем в 3 раза.

Отметим, что организации работы электрохимических аппаратов осуществляется в настоящее время без привлечения дополнительно аппаратчика и организации специального аналитического контроля.

Согласно вышеизложенному при реализации на рассматриваемом объекте варианта с использование антинакипных электрохимических аппаратов, кроме решения основной задачи – обеспечение нормативного накипеобразования, решаются параллельно целый ряд других проблем:

- ингибирование питтинговой и равномерной коррозии;
- извлечение взвешенных веществ;
- уменьшение биозагрязнений.

Из-за формата доклада в нем не рассмотрен механизм антинакипного действия аппарата, который изложен, например, в следующих публикациях:

- Казимиров Е.К., Казимиров О.Е. Теоретические и практические аспекты использования электрохимического антинакипного способа водоподготовки // Водоподготовка. Водоочистка. Водоснабжение. 2008г. № 4. с. 48-54.
- Казимиров Е.К., Казимиров О.Е. Новый подход к решению проблем накипеобразования и коррозии в оборотных системах водопользования // Главный энергетик. 2012г. № 5. с. 22-27.

Исследование проблем биокоррозии и биообрастаний в системах оборотного водоснабжения и технологии их предотвращения

Хасанова Д.И. - ОАО «Нижнекамскнефтехим», Сафин Д.Х. - ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

Установлено, что более 50% повреждений металлических сооружений и коммуникаций от коррозии в системах оборотного водоснабжения связаны с воздействием микроорганизмов [1]. Микробиологическое загрязнение ведет к ускорению коррозионного процесса за счет активации поверхности металла при участии продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Микробиологические загрязнения в охлаждающих системах возникают, прежде всего, из-за бактерий и водорослей, попадающих в системы с подпиточной водой (как правило, водой поверхностных источников). Особенно сильно микроорганизмы развиваются в присутствие углеводородов, азот-, фосфорсодержащих, неорганических и органических веществ и осаждаются на поверхности теплообменных трубок в виде иловых осадков, приводя к возникновению проблем локальной коррозии под образовавшимися отложениями.

Сочетание неконтролируемых поступлений углеводородов в оборотную воду из-за нарушения герметичности теплообменного оборудования и повышенных температур создают исключительно благоприятные условия для развития прикрепленного биоценоза, и усиление процессов образования биоотложений в теплообменных аппаратах. Иловые массы и биопленка могут стать причиной существенного уменьшения теплопередачи и повышения сопротивления потоку. Биоотложения толщиной 0,5 мм на поверхности нагрева снижает коэффициент теплопередачи на 50% [2].

Микробиологический анализ отложений систем промышленного водоснабжения и идентификация микроорганизмов свидетельствует о комплексном воздействии биоциноза и сезонных колебаний микрофлоры: зимой доминируют железобактерии, летом – сульфатвосстанавливающие. В процессах биокоррозии участвуют также микрогрибы, микроводоросли в ассоциации с бактериями. Интенсивное развитие водорослей в охлаждающих системах (обрастание градирен) наблюдается в весенне-летний период и, хотя они сами по себе не вызывают коррозию, отложения мертвых клеток являются питательными субстратами и обуславливают развитие микоза.

Ущерб, наносимый промышленным предприятиям биологическими обрастаниями системы оборотного водоснабжения,

настолько велик, что требует разработки и внедрения в практику радикальных мер борьбы с этим явлением [3].

Наиболее распространенными методами борьбы с БО теплообменных аппаратов являются: применение окисляющих биоцидов, обработка воды реагентами на основе сульфата меди [4]; обработка воды неокисляющими органическими биоцидами.

Этот способ выгодно отличается от токсичных и коррозионных первых двух. Неокисляющие биоциды обладают широким спектром действия, подавляя рост бактерий, грибов, водорослей. Единственным недостатком этих реагентов является их высокая стоимость. Для успешной борьбы с БО комбинируют обработку воды окисляющими и неокисляющими бактерицидами [5].

Наибольшее распространение в последние годы получили биоциды на основе полигексаметиленгуанидина ПГМГ (например, «Аминат-БП», «Биопаг», «Дезавид», «ОПЦ-600») [5]. Это связано с высокой эффективностью при малых дозах основного вещества ПГМГ в воде (Таблица 1), широким спектром и пролонгированностью действия, даже в присутствие углеводородов. Необходимо отметить, что в применяемых дозах ПГМГ не токсичен для человека, животных и гидробионтов, экологически безопасен (III-ий класс опасности по ГОСТ 12.1.007): попадая на дно водоемов, разлагается на простые, нетоксичные вещества под влиянием активного ила. Механизм действия гуанидиновых поликатионов заключается в адсорбции на отрицательно заряженной поверхности бактериальной клетки, вызывая при этом блокаду дыхания и транспорт метаболитов через клеточную стенку бактерий. Гуанидиновые поликатионы связываются с фосфолипидами и белками цитоплазмотической мембраны, что приводит к ее разрыву.

Таблица 1
Эффективность действия биоцида на основе ПГМГ по снижению общего микробного числа (ОМЧ) в испытуемой среде охлаждающей воды

Доза, мг/л по основному веществу	Снижение ОМЧ,%		
	Через 3 часа	Через 24 часа	Через 48 часов
1	74,0	75,0	90,0
5	99,0	99,7	96,7
10	93,1	99,2	99,5

Поскольку состав микрофлоры, вызывающей биокоррозию обычно довольно разнообразен, проведены дополнительные

испытания по оценке эффективности подавления роста других видов микроорганизмов биоцидом на основе ПГМГ. В частности, показано снижение количества гетеротрофных микроорганизмов на 66-100%, колиформных бактерий – 86-100%, бактерий рода Pseudomonas – на 77-99%, сульфатредуцирующих бактерий - на 60-82%, хлореллы - на 77-90% [5].

Эффективным мероприятием в борьбе с БО является очистка поверхности металла от биопленки, продуктов коррозии, масляных пленок, и других отложений, в том числе обработка охлаждающей воды диспергирующими средствами. Использование эффективного диспергатора, который не дает возможности микроорганизмам прикрепляться к поверхности металла, является значительным шагом на пути к полному предотвращению развития биоотложений и биокоррозии. Использование ПАВ в составе биоцида очень важно для борьбы с микроорганизмами, адсорбированными на твердой поверхности.

Адсорбция установлена для самых различных групп микроорганизмов; споровых и неспоровых, грамположительных и грамотрицательных, проактиномицетов, актиномицетов, грибов, дрожжей, водорослей. Адгезированные клетки водорослей, грибов и микроорганизмов более устойчивы к действию бактерицидов. Поэтому применение ПАВ в составе биоцида повышает ее эффективность за счет улучшения проникающей способности через клеточные мембраны.

Выводы:

Обработка оборотной воды комплексом окисляющих и неокисляющих биоцидов широкого спектра действия позволяет предотвратить биоотложения в теплообменных аппаратах и на элементах градирен. При этом стабильных положительных результатов борьбы с биокоррозией возможно добиться в случае регулярного мониторинга качества охлаждающей воды с применением классических и экспресс-методов био-тестирования.

Литература:

1.Абалихина А.Б. Микробиологические аспекты оборотного водоснабжения Обзорная информация: Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. М.: НИИТЭхим, 1988. Вып. 2.

2. Kemmer F.N. The Nalco Water Handbook. Second edition. McGraw-Hill Book Company, 1989.

3.Кучеренко Д.И. Оборотное водоснабжение (Системы водяного охлаждения). М.: Стройиздат, 1980.

4. Рекомендации по проектированию и эксплуатации « Обработка воды хлором и медным купоросом для борьбы с биологическими обрастаниями в системах оборотного водоснабжения». М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1968.
5.Сафин Д.Х., Хасанова Д.И. Особенности применения фосфатной технологии ингибирования систем водооборота на ОАО «Нижнекамскнефтехим» // Коррозия: материалы и защита. 2010. № 7.

Организация водно-химического режима дистилляционных обессоливающих установок

Васина Л.Г., Богловский А.В., Горбунов А.В. - МЭИ

Обеспечение электростанций обессоленной водой высокого качества является одним из основных условий их надежной работы. Получение ее по существующим технологиям химического обессоливания сопровождается значительными издержками и вредным воздействием на экологию из-за потребления большого количества реагентов (кислота, щелочь, соль). Поэтому с экологической, а в ряде случаев и с экономической точки зрения, представляется перспективной технология подготовки обессоленной воды на современных дистилляционных обессоливающих установках (ДОУ). Для обеспечения надежной работы ДОУ, как и любого теплотехнического оборудования, большое значение имеет правильная организация водно-химического режима.

Среди основных задач организации водно-химического режима испарительных установок, наряду с получением дистиллята надлежащего качества и снижением до минимума интенсивности коррозии конструкционных материалов, одной из важнейших является предотвращение накипеобразования. Проведенные к настоящему времени теоретические и экспериментальные исследования, как и накопленный опыт эксплуатации, позволили разработать ряд методов снижения интенсивности накипеобразования в дистилляционных испарительных установках, в том числе и с применением различных антинакипинов. При этом разработанные в МЭИ методики расчета водно-химических режимов позволяют оценить эффективность применения того или иного метода для конкретных условий работы ДОУ в зависимости от типа испарителей и качества исходной воды и разработать или скорректировать. технологию подготовки питательной воды испарителей.

В докладе представлены результаты оценки эффективности методов ограничения накипеобразования в испарителях различной конструкции, а также расчетные и эксплуатационные данные по скорости коррозии конструкционных материалов ДОУ.

Оценка эффективности применения реагентов для защиты пароконденсатного тракта на примере котлов-утилизаторов ОАО «Славнефть-ЯНОС»

Гусева О.В., к.т.н.,
Зам. начальника отдела водоподготовки НПФ «Траверс»

Котлы-утилизаторы низкого и среднего давления являются одним из основных видов теплоэнергетического оборудования, входящих в состав промышленных установок отечественных нефтеперерабатывающих заводов. Пар, вырабатываемый котлами-утилизаторами, используется практически во всех технологических процессах этих производств. Поэтому важной задачей является разработка и поддержание водно-химических режимов паровых котлов, обеспечивающих ограничение или полное предотвращение процессов коррозии паро-конденсатных трактов в теплофикационных циклах установок

Участки основного и теплофикационного циклов, включая системы транспортировки, распределения и потребления пара и конденсата различаются не только конструкционными материалами, но и температурой, давлением и составом примесей воды, пара и конденсата. В связи с этим необходимо при выборе реагента учитывать многообразие факторов, влияющих на его эффективность.

В докладе приведены результаты работы по предотвращению коррозии паро-конденсатного тракта котлов – утилизаторов двух установок цеха каталитического производства ОАО «Славнефть-ЯНОС»: установки каталитического риформинга (КР-600) и установки выделения индивидуальных ароматических углеводородов (Л-35/6-300).

Для подпитки обоих котлов-утилизаторов используется смесь химочищенной воды, поступающей из сетей завода, конденсата турбины циркуляционного компрессора и конденсатов водяного пара от теплопотребителей установки. Качество воды, поступающей в деаэратор котлов, удовлетворяет требованиям по жесткости воды, но показатели щелочности, pH и солесодержания зависят от соотношения смешивающихся потоков воды и конденсатов. Кроме того, питательная вода характеризуется повышенным содержанием железа, что связано с поступлением продуктов коррозии с потоками конденсата.

Для предотвращения углекислотной коррозии паро-конденсатного тракта котлов-утилизаторов были выбраны реагенты АМИНАТ ПК-1 и АМИНАТ ПК-2, разработанные специалистами ООО НПФ «Траверс». Реагенты представляют собой смесь трех нейтрализующих аминов, композиции которых в различных

соотношениях обеспечивают равномерную защиту трубопроводов и оборудования по всему тракту.

Дозирование реагентов контролировалось по значениям pH и содержанию железа в возвращаемом конденсате, а эффективность применения данных реагентов в первую очередь оценивалась по их влиянию на качество пара и конденсата. На основании промышленных испытаний были определены оптимальные дозы реагентов, обеспечивающие значительное ограничение скорости коррозии трубопроводов и оборудования в паро-конденсатном тракте котлов обоих установок.

В ходе контроля дозирования реагентов определялось также содержание нейтрализующих аминов по всему конденсатно-питательному тракту. Определение содержание аминов проводилось с помощью сертифицированной методики фотометрическим методом.

С целью оценки эффективности применяемых реагентов были установлены индикаторы коррозии на линии возвращаемого производственного конденсата. Было установлено, что коррозионная стойкость углеродистой стали ст.20 в условиях дозирования обоих реагентов становилась стойкой, весьма и совершенно стойкой – в зависимости от марки и дозы реагентов. Кроме того, проведенный анализ состава образующейся защитной пленки методом ИК - спектроскопии показал наличие связей железа с органическим азотом и углеродом. Это свидетельствует о том, что замедление скорости коррозии при дозировании реагентов АМИНАТа ПК-1 и АМИНАТа ПК-2 обусловлено не только нейтрализацией углекислоты в паре и конденсате, но также и образованием защитной пленки, препятствующей протеканию процессов коррозии.

Об опыте применения ПАВ-технологии в системе теплоснабжения г. Москвы

Куршаков А.В., вед. научн. сотр., к.т.н., НИУ МЭИ

Актуальнейшими современными проблемами в отечественной теплоэнергетике, в том числе в городских системах теплоснабжения, в настоящее время являются повышение надежности, долговечности и энергоэффективности тепловых сетей, генерирующего и теплообменного оборудования, запорно-регулирующей арматуры и трубопроводов. В рамках этого решаются такие задачи как повышение коррозионной стойкости конструкционных материалов, снижение скорости образования новых и эффективное удаление имеющихся термобарьерных отложений с поверхности теплообмена, снижение гидравлических потерь при транспортировке теплоносителя, снижение затрат при проведении ремонтно-профилактических работ и ряд других задач.

Одним из перспективных способов комплексного подхода в решении вышеупомянутых проблем является применение разработанных в Московском энергетическом институте ПАВ-технологий, базирующихся на кондиционировании теплоносителя молекулами поверхностно-активного вещества.

В мировой практике немало примеров использования ПАВ в качестве высокоэффективных ингибиторов коррозии. Достаточно отметить, что в Российской Федерации на сегодняшний день действуют регламенты (руководящие документы – РД) по защите от стояночной (атмосферной) коррозии теплоэнергетического оборудования ТЭС и теплосетей, а также АЭС с ВВЭР с применением ПАВ из класса пленкообразующих аминов [1, 2].

Известно, что использование ПАВ в тепловых сетях ряда стран позволило кардинально решить проблему повышения надежности и ресурса теплотехнического оборудования на основе практически полного блокирования коррозионных процессов [3, 4].

В последние годы в научном центре «Износостойкость» НИУ МЭИ впервые было обнаружено, что кондиционирование теплоносителя молекулами ПАВ приводит к повышению внутреннего относительного КПД центробежных насосов до 4%, снижению гидравлического сопротивления магистральных и разводящих трубопроводов на 25-30%. Эти эффекты связаны с формированием на металлических поверхностях плотно упакованных, строго ориентированных слоев молекул ПАВ, которые за счет «сглаживания» их шероховатости снижают степень турбулизации потока в пристенных слоях потока.

В представленном докладе приводятся результаты применения одного из вариантов ПАВ-технологии в системе городского теплоснабжения на примере автономного участка теплосетей одной из квартальных тепловых станций (КТС) Филиала № 7 «Юго-Западный» ОАО «МОЭК» в период отопительного сезона 2006-2007 гг.

Автономный участок системы теплоснабжения включает в себя водогрейный котел ПТВМ-50, два котла КВГМ-20, общей мощностью 90 ккал/ч, магистральные теплотрассы и вводы с трубопроводами различного диаметра (80-500 мм), а также распределительные трубопроводы и системы отопления зданий и сооружений с общим объемом 2141 $м^3$. Схема теплоснабжения присоединенных к тепловым сетям станции потребителей – закрытая двухтрубная. В качестве теплоносителя используется вода с температурным графиком 150-70 ^oC.

Реализация ПАВ-технологии осуществлялась с использованием специально разработанной мобильной установки, общий вид которой представлен на рис. 1. Основное назначение этой установки заключается в обеспечении кондиционирования теплоносителя молекулами применяемого ПАВ по специальному технологическому регламенту. Длительность кондиционирования теплоносителя молекулами ПАВ определяется протяженностью и разветвленностью автономного участка, а также неравномерной интенсивностью подпитки.

Процесс кондиционирования заканчивается после достижения расчетных концентраций молекул ПАВ в теплоносителе в различных точках схемы (в пределах КТС, а также на ЦТП и ИТП). В процессе реализации ПАВ-технологии удалось обеспечить достаточно эффективную сорбцию молекул ПАВ на внутренние поверхности трубопроводов и теплотехнического оборудования и сформировать на низ строго-ориентированные, упорядоченные молекулярные слои, являющиеся гарантированной преградой для доступа молекул кислорода и углекислоты к металлу.

Известно, что в процессе движения к поверхности металла молекулы ПАВ благодаря своей повышенной активности способствуют разрыхлению и отслаиванию отложений и продуктов коррозии, которые, как правило, присутствуют на функциональных поверхностях оборудования систем теплоснабжения. Это обстоятельство было зафиксировано при реализации ПАВ-технологии на выбранном автономном участке системы теплоснабжения. Пробы теплоносителя отбирались из пробоотборных точек, расположенных непосредственно за котлом. Общее количество удаленного железа (в пересчете на

Fe_2O_3) из экранов и конвективных пучков только одного котла ПТВМ-50 составило более 60 кг.

Рис. 1 Мобильная установка для кондиционирования теплоносителя молекулами ПАВ

С целью определения изменения перепадов давления при конденсировании теплоносителя молекулами ПАВ на входе и выходе тепловых пунктов с зависимой (ЦТП1Т) и независимой (ЦТП2Т) схемой присоединения были установлены образцовые манометры (кл. 0,15). Также как и при измерении локальных скоростей для сравнения были выбраны даты (22.01.07 г. и 15.03.07 г.) с совпадающими температурами наружного воздуха, с расходом подаваемой сетевой воды на КТС. Измерения давления на ЦТП1Т проводились при полностью открытом запорно-регулируемом клапане. Было зафиксировано устойчивое снижение перепада давлений с 0,3333 МПа до 0,3291 МПа, т.е. на ~1,3%. Соответственно на ЦТП2Т перепад давлений на бойлере снизился с 0,3289 МПа до 0,3177 МПа, т.е. на ~3,5%.

Удаление отложений с функциональных поверхностей трубопроводов и теплотехнического оборудования, а также их гидрофобизация и соответствующее повышение КПД сетевых насосов привело к изменению частоты вращения их роторов.

Частоты вращения роторов сетевых насосов при кондиционировании теплоносителя молекулами ПАВ в период с 22.01.07 г. по 22.03.07 г. снизились с 41,1 до 39,2 Гц, т.е. на 4,75%.

Для непрерывно работающих двух сетевых насосов с суммарной электрической мощностью 630 кВт (2×315 кВт) экономия электроэнергии при этом может составить ~153 тыс. кВт·ч при средней продолжительности отопительного периода в г. Москве 213 суток.

Несомненно, что с практической точки зрения более важным является удельный показатель q, вычисляемый как отношение использованного в водогрейном котле (котлах) топлива (в данном случае газа - тыс. $м^3$) к количеству тепла (Гкал), отданному потребителю (на все ЦТП). Мониторинг этих показателей на КТС проводился в автоматическом режиме с почасовой частотой их регистрации. На рис. 2 приведены данные об изменении среднесуточного удельного потребления газа q [тыс. $м^3$/Гкал] на КТС в период с 01.12.06 г. по 24.03.07 г.

Представленные на рис. 2 результаты, несмотря на некоторый разброс значений q, показывают вполне отчетливую тенденцию снижения удельного потребления газа в период кондиционирования теплоносителя молекулами ПАВ.

В верхней правой части рис. 2 приведено изменение значений q при работе КТС в аналогичный период в 2006 г. (с 29.02.06 г. по 24.03.06 г.). По сравнению с тем же периодом в 2007 г. значение q уменьшилось на 11,7%.

При теплопроизводительности равной 90 Гкал/ч за отопительный период (для Московского региона) на КТС было выработано 460080 Гкал тепла. С учетом, что значение q до проведения работ по кондиционированию теплоносителя молекулами ПАВ составляет 0,132 тыс.$м^3$/Гкал, за этот период израсходовано 60730,56 тыс. $м^3$ газа. По результатам, представленным на рис. 6, величина q уменьшилась до значения 0,1215 т.е. на 8,7%. Таким образом, экономия газа составит 5283,6 тыс. $м^3$. С учетом действующих тарифов ОАО «МОЭК» в 2007 г. (1 тыс. $м^3$ газа средней калорийности 8009 ккал/$м^3$ стоит 1613,5 руб.) экономический эффект от внедрения ПАВ-технологии на КТС составляет ~8,53 млн. руб.

По окончании отопительного сезона и останова КТС на котле ПТВМ-50 была проведена вырезка верхней трубы конвективного пучка. Средняя удельная загрязненность образцов после применения ПАВ-технологии составила 145 г/$м^2$, что свидетельствует о достаточно высокой чистоте поверхностей нагрева котла с учетом его длительной эксплуатации. Основными компонентами отложений (более 98%) являлись оксиды железа (Fe_2O_3, Fe_3O_4). Поверхность образцов характеризуется высокой степенью гидрофобности, что

свидетельствует о наличии на них плотноупакованных молекулярных слоев ПАВ.

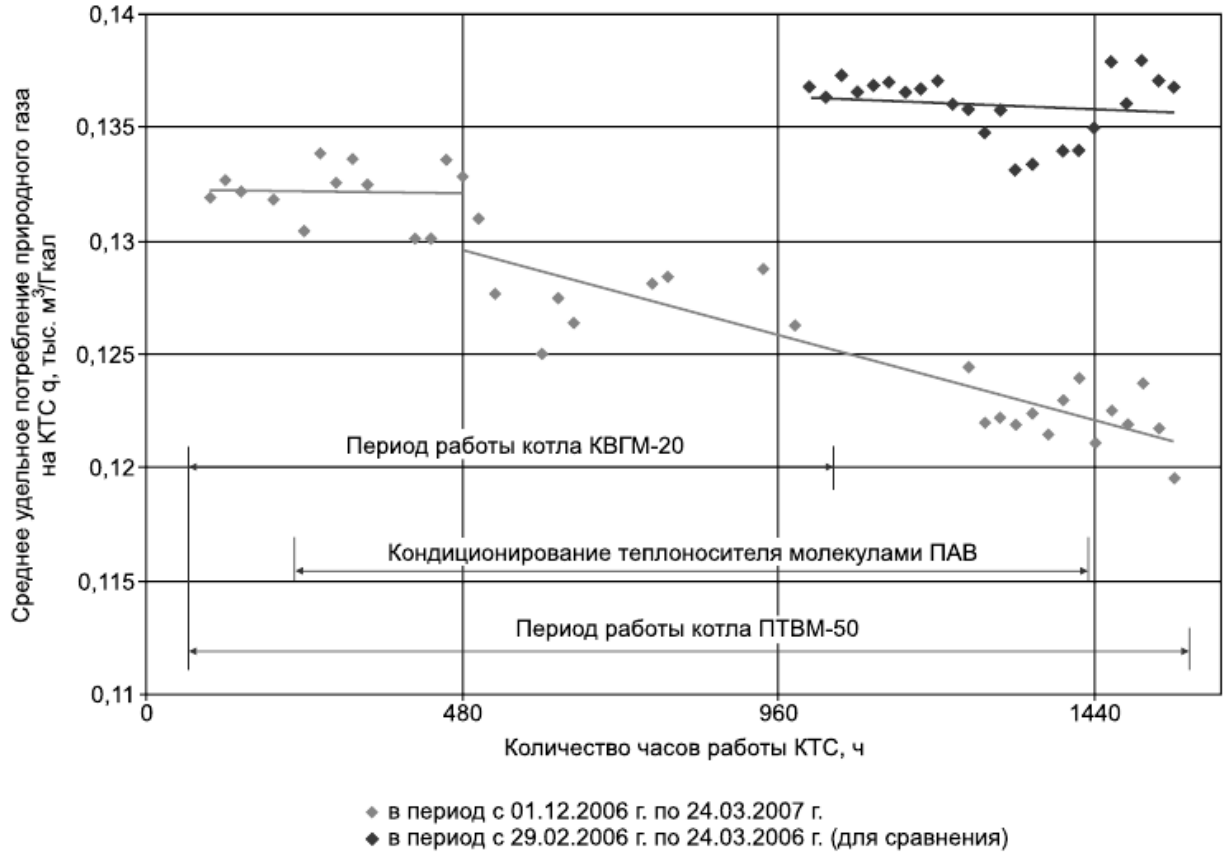


Рис. 2 Изменение удельного потребления газа на КТС в течение отопительного сезона 2006-2007 гг.

Коррозионная стойкость внутритрубной поверхности конвективного пучка котла ПТВМ-50 определялась по стандартной методике («капельным» методом РД 34.37.409-96). Анализ полученных результатов показал, что коррозионная стойкость трубных поверхностей с молекулярными слоями ПАВ оказалась в 4,7 раза выше аналогичного показателя поверхности трубы в состоянии поставки.

Выводы.

В процессе апробации ПАВ-технологии в закрытых тепловых сетях Филиала №7 «Юго-Западный» ОАО «МОЭК» были зафиксированы следующие основные результаты.

1. Перепад давлений по теплосети на тепловых пунктах с независимой схемой подключения снизился на 3,45%,с зависимой - на 1,3%.

2. Среднее значение скорости и соответственно расход теплоносителя при прочих равных условиях увеличились на 7,4%.

3. Удельный расход газа на КТС в период кондиционирования теплоносителя молекулами ПАВ снизился на 8,7%.

4. Среднее значение частоты вращения сетевых насосов снизилось на 4,75%.

5. Общее количество удаленных из трактов котла ПТВМ-50 отложений составило около 60 кг (в пересчете на Fe_2O_3). Зафиксирован процесс десорбции хлоридов с трубных поверхностей.

6. Образованная в процессе дозирования ПАВ молекулярная защитная пленка на трубных поверхностях котла повысила их коррозионную стойкость в 4,7 раза.

Каких-либо отклонений от нормативных эксплуатационных показателей, а также качества теплоносителя зафиксировано не было.

Предварительные оценки показывают, что экономический эффект от внедрения ПАВ-технологии на КТС с тепловой мощностью 90 Гкал/ч за один отопительный сезон (только за счет экономии газа, а также электроэнергии, потребляемой сетевыми насосами) может составить более 8,7 млн руб./год. В масштабах теплоэнергетической компании ОАО «МОЭК» этот показатель может составить более 1,6 млрд руб./год.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что апробированная в натурных условиях ПАВ-технология способствует повышению надежности, долговечности и экономичности систем теплоснабжения и может быть рекомендована для широкого внедрения.

Перечень использованных источников

1. Методические указания по консервации теплоэнергетического оборудования с применением пленкообразующих аминов. Дополнение к РД 34.20.591-97 РАО «ЕЭС России».М., 1988.

2. Типовой технологический регламент «Консервация оборудования и трубопроводов вторых контуров АЭС с ВВЭР с использованием пленкообразующих аминов». РД ЭО 0408-02 Росатом. М., 2002.

3. Акользин П.А., Королев Н.А. применение пленкообразующих аминов для защиты от коррозии теплосилового оборудования. М.:БТИ ОРГРЭС, 1961.

4. Kuba Y.,Prochaska Z. 25 Jahre Erfahrungen mit der Dosierung von Amin zum Schutz von Kondensatnetzen in der CSSR// Energie-anwenburg. 1979. Bd.28.Jg.№2. S. 60-65.

Организация автоматизированной системы контроля качества сетевой воды в ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга»

Горшков А.А., (СПбГПУ), ведущий инженер ООО «Евротехлаб», Рожков Р.Ю., к.т.н. (СПбГПУ), заместитель Главного инженера по режимам теплоснабжения ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга»

Необходимость контроля качества сетевой воды со стороны теплоснабжающей организации регламентируется следующими нормативными документами:

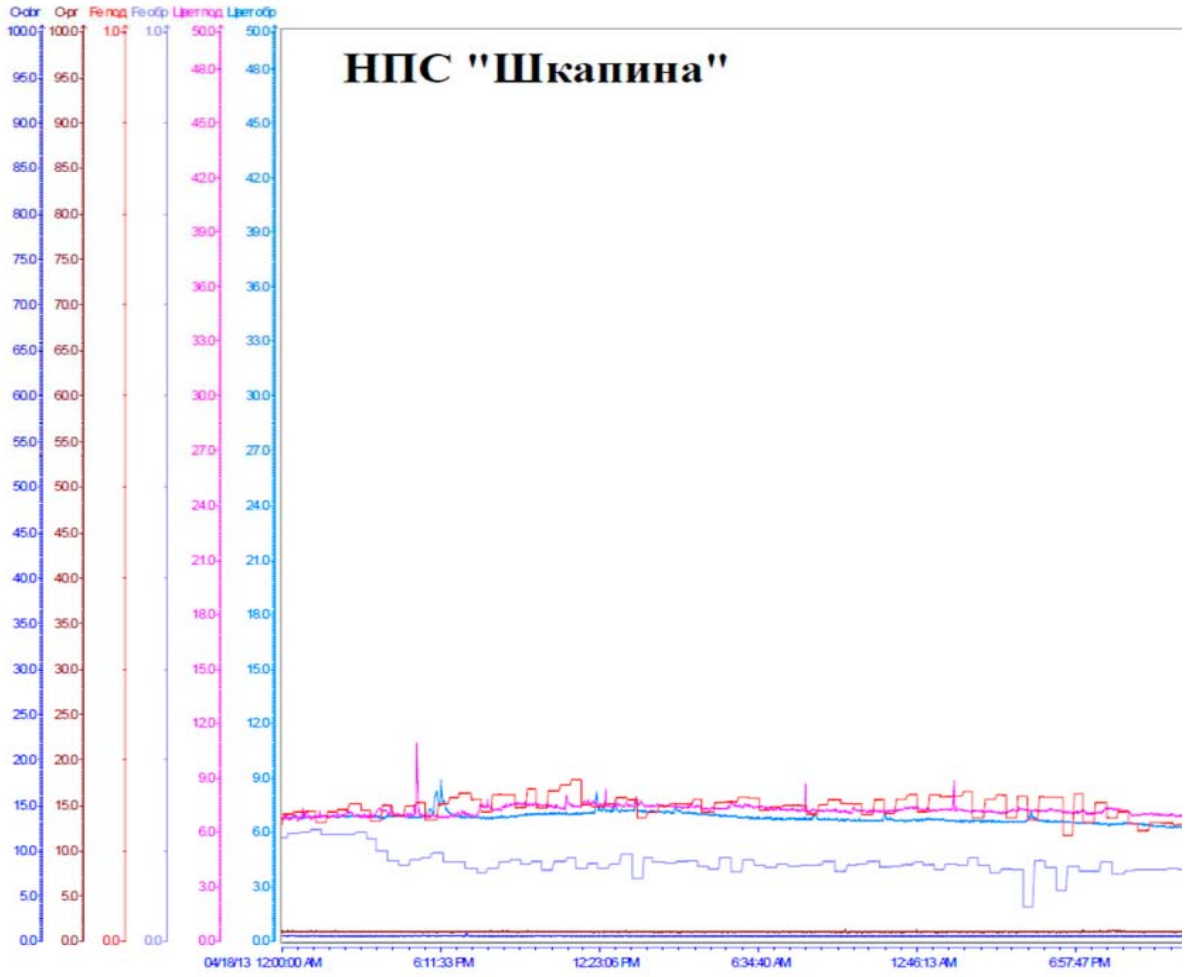
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, п. 4.8 (Приложение 1);
- Типовая инструкция по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей) РД 153-34.0-20.507-98 (Приложение 2);
- СанПиН 2.1.4.2496-09 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

Система теплоснабжения Санкт-Петербурга сформирована по принципу открытого водоразбора, т.е. на нужды горячего водоснабжения жителей города поступает та же вода, которая циркулирует по тепловым сетям и отопительным системам потребителей. Это резко повышает ответственность теплосетевой организации за физико-химические параметры транспортируемой по тепловым сетям горячей воды, которая в соответствии с требованиями СанПиН должна соответствовать питьевому стандарту качества.

Функцию производственного контроля качества горячей воды, транспортируемой по тепловым сетям жителям Санкт-Петербурга в зоне теплоснабжения ОАО «ТГК-1», в ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» выполняет химическая лаборатория, руководствуясь «Рабочей программой согласованной с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Санкт-Петербургу (Роспотребнадзор). Но отбор проб для проведения плановых химических анализов выполняется из контрольных точек 1 раз в 10 дней (т.е 3 раза за месяц). При такой периодичности контроля не представляется возможным выявить начальный момент ухудшения качества сетевой воды, поступающей в тепловые сети (как от теплоисточников, так и из отопительных систем потребителей), что необходимо для оперативного принятия мер по предупреждению развития аварийной ситуации, связанной с распространением загрязнения по всей системе теплоснабжения, либо длительным

повышением агрессивности сетевой воды из-за нарушений в работе водоподготовительных установок на теплоисточниках.

Автоматизированные системы контроля качества сетевой воды (АСККСВ) осуществляют измерение параметров и передачу результатов на пульт диспетчера (оператора) в реальном времени, а также их архивирование, что позволяет непрерывно контролировать качество сетевой воды в местах их установки. На рисунке 1 приведен один из видов отображения информации в виде картинки мониторинга качества сетевой воды по прямой и обратной магистрали с НПС Шкапина по показателям – O_2, Общее железо и Цветность.



O_2обр, Feобр, ЦВЕТобр – кислород, железо, цветность на обратном трубопроводе

O_2под, Feпод, ЦВЕТпод – кислород, железо, цветность на подающем трубопроводе

Рис. 1

Картинка мониторинга качества сетевой воды по прямой и обратной магистрали с НПС Шкапина по показателям – O_2, общее железо и цветность, которая отображается на АРМ диспетчера.

Общий вид стоек АСККСВ, устанавливаемых на объектах ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» по параметрам: кислород и общее железо в прямой и обратной магистрали представлен на рисунке 2.

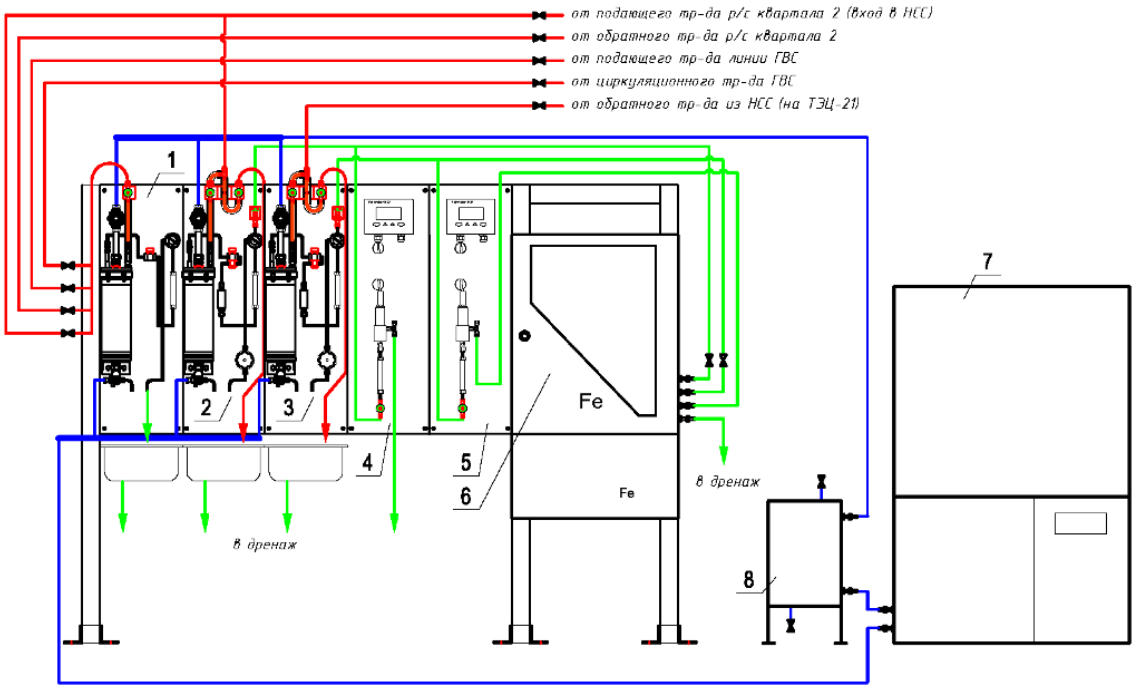


Рис. 2.

1 – устройство подготовки пробы (УПП) для ручного контроля; **2,3** – УПП для автоматических анализаторов; **4,5** – Анализатор O_2; **6** – анализатор общего железа; **7** – автономная система охлаждения; **8** – бак-аккумулятор.

ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» в рамках программы «мероприятия по повышению эффективности системы контроля за качеством сетевой воды на технологических объектах ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» с 2009 - 2013 гг. установила АСККСВ, перечень которых представлен в нижеследующей таблице 1.

Перечень автоматических приборов химконтроля качества сетевой воды, установленных на объектах ОАО "Теплосеть Санкт-Петербурга"

№ п/п	Объект ОАО "Теплосеть СПб"	Параметр контролируемый автоматизированной системой	Год внедрения	эксплуата-ционное состояние
1	НПС "Дачная"	кислород	2009	работает
2		содержание общего железа	2009	работает
3		цветность	2010	работает
4	НПС "Пороховская"	кислород	2012	работает
5		содержание общего железа	2010	работает
6		цветность	2010	работает
7	НПС "Шкапина"	кислород	2012	работает
8		содержание общего железа	2010	работает
9		цветность	2010	работает
10	УСЗ Московской-Фрунзенской - Рыбацкой	кислород	2009	работает
11		содержание общего железа	2011	работает
12		цветность	2011	работает
13	УСЗ-1 Северной т/м ТЭЦ-15	кислород	2010	работает
14		содержание общего железа	2011	работает
15		цветность	2011	работает
16	НПС ул. Кораблестроителей, 31	кислород	2013	наладка
17		содержание общего железа	2013	наладка

Таблица 1

Внедрение АСККСВ позволило вести мониторинг качества сетевой воды в реальном времени и оперативного принимать меры по предупреждению развития аварийной ситуации: ухудшение качества воды и развития процессов внутренней коррозии трубопроводов.

В докладе будет рассказано об опыте эксплуатации автоматизированных системах контроля качества сетевой воды на объектах ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга».

Применение реагентов для коррекционной обработки питательной котловой воды котлов различных давлений

Можаренко О.Н., зам. технического директора (Украина) - ООО «ТехЭнергоХим-Групп»

В этом году представляем работы, проведенные совместно с техническими специалистами ОАО «ВТИ», на примере опытно-промышленных испытаний на Самарской ГРЭС ОАО «Волжская ТГК» и ПП «Курская ТЭЦ-1» филиала ОАО «Квадра - Курская региональная генерация».

Пример 1. Опытно-промышленные испытания с дозированием реагентов Puro Tech F5 (далее по тексту Реагент 1) и PuroTech Disperse 2 (далее по тексту Реагент 2) для коррекционной обработки теплоносителя Самарской ГРЭС были проведены с целью усовершенствования водно-химического режима энергетических котлов среднего давления Самарской ГРЭС ОАО «Волжская ТГК» и сравнения нового предложенного аминосодержащего и традиционного ВХР.

В настоящее время на Самарской ГРЭС применяются следующие реагенты для ведения ВХР:

– аммиак для коррекционной обработки подпиточной частично обессоленной воды, с целью поддержания нормативного значения pH питательной воды и пароконденсатного тракта ТЭС;

– тринатрийфосфат для коррекционной обработки котловой воды.

Существующая обработка имеют ряд недостатков, о чем свидетельствуют результаты обследования до проведения опытно-промышленных испытаний:

– неэффективная защита от коррозии и отложений питательного тракта и экранных поверхностей нагрева котлов;

– образование малотеплопроводных отложений;

– необходимость применения специальной малоэффективной технологии (поддержание избыточного давления в котле с постоянным контролем кислорода) для защиты от стояночной коррозии.

Перед началом выполнения работ согласно программе опытно-промышленных испытаний в пробоотборные линии были установлены индикаторы коррозии в следующих точках:

- «питательная вода»
- «конденсат турбины»
- «котловая вода соленого отсека».

В течение первых 4 часов дозировка реагента Реактив 1 составляла 250 г/час, или 4,5 г на 1м^3 питательной воды. Через 30

минут после начала подачи Реагента 1 в тепловой тракт Самарской ГРЭС отключили подачу аммиака на ВПУ.
В дальнейшем дозирование Реагента 1 составляло ≈ 1г на 1м^3 питательной воды и регулировалось по значению pH перегретого пара и конденсата в пределах 9,0 – 9,2. Во время проведения испытаний качественный состав подпиточной воды в пароводяной тракт Самарской ГРЭС не изменялся, и соответствовал пермеату после УОО (Таблица 1).

Таблица 1

Частично-обессоленная вода - добавочная вода на паровые котлы	pH	$Щ_ф$	$Щ_о$	Ж	SiO_2	Fe	с/с	SO_4	NH_3	Na	Cl
		мг-экв/дм^3		мкг-экв/дм^3	мкг/дм^3		мг/дм^3				
	9,99	0,1	0,22	1,2	30	5	18	1,1	0,7	1,	0,

Реагент 2 с расходом 2,5 г на 1м^3 питательной воды готовился в специальном отдельном баке и подавался в барабан котла ст.№9 по линии фосфатирования. Так как реагент обладает отмывочными свойствами, то после начала ввода дисперсанта в барабан, увеличили периодические продувки котла через нижние точки. Постепенно увеличили дозировку реагента до 4 г/м^3, что способствовало увеличению концентрации железа, меди и других примесей не только в котловой воде, но и по всему пароводяному тракту, при этом концентрация полимера составляла в чистом отсеке в пределах 0,2-0,5 мг/дм^3, в соленом отсеке 1,5-2,0 мг/дм^3.

Подводя итоги аналитических и экспериментальных исследований водно-химического режима с дозированием реагентов Реагент 1 и Реагент 2 можно сделать следующие выводы:

- качественные характеристики теплоносителя по всему пароводяному тракту Самарской ГРЭС не превышают нормируемые значения ПТЭ Российской Федерации как при ведении фосфатно-аммиачного режима, так и при аминосодержащем режиме с дисперсантами;
- значительное снижение концентрации железа в теплоносителе по тракту Самарской ГРЭС за период испытаний;
- аминосодержащий водный режим с дозированием реагентов Puro Tech позволяет снизить интенсивность коррозии оборудования в

питательном тракте в 2,8 раза, экранных поверхностей нагрева в 1,6 раза, что видно из таблицы 2.

Таблица 2

Место установки индикатора в пробоотборной линии	Интенсивность коррозии, г/м^2/час			Скорость образования отложений, г/м^2/год		
	норма	фосфаты+NH3	Реактив 1+D2	норма	фосфаты +NH3	Реактив 1+D2
Турбинный конденсат	0,015	0,001616	0,015539	220	отс	отс
Питательная вода	0,015	0,019054	0,006767	220	11,478	отс
Котловая вода соленого отсека	0,015	0,025927	0,016346	220	1994,325	отс

Уменьшение скорости коррозии тепломеханического оборудования обусловлено в основном за счет значительного снижения образования отложений на его поверхностях нагрева, благодаря синергетическому эффекту совместного действия пленкообразующих аминов и дисперсантов, входящих в состав реагентов.

Пример 2. На одной из ТЭЦ филиала ОАО «Квадра» были проведены опытно-промышленные испытания с дозированием реагентов PuroTech RLT4 (далее по тексту Реагент 4) и PuroTech Disperse 3 (далее по тексту Реагент 3) для коррекционной обработки теплоносителя, и PuroTech RO200 (далее по тексту Реагент 6) для коррекции значения pH в схеме ВПУ перед УОО.

На ТЭЦ применяется традиционный водно-химический режим пароводяного тракта с применением аммиака для коррекционной обработки питательной воды и тринатрийфосфата для коррекционной обработки котловой воды. Дозирование гидразина отсутствует. Схема водоподготовки Курской ТЭЦ-1, реконструированная в 2005 году, наряду с видимыми преимуществами, имеет ряд недостатков. Качество обессоленной воды для подпитки котлов характеризуется высоким содержанием натрия и высоким уровнем прямой удельной электрической проводимости, содержание натрия в обессоленной воде нестабильно, и варьируется в диапазоне от 3,5 до 12,0 мг/дм^3.

С целью получения стабильного качества пермеата (по концентрации Na) для повышения анионов Cl^- в период опытно-промышленных испытаний в исходной умягченной воде перед УОО дозировали Реагент 6 (14,5% разбавленная HCl).

Для защиты питательного тракта (так как отсутствует ввод гидразина) вводили реагент Реагент 4, на основе пленкообразующих аминов. В барабан котла ст. №4 вводили Реагент 3, на основе гексаметофосфата натрия и дисперсантов, вместо тринатрийфосфата. После проведения опытно-промышленных испытаний получены следующие положительные результаты:

- значение pH котловой воды соленых отсеков в период опытно-промышленных испытаний не превышало нормируемых величин ПТЭ независимо от изменения качества подпиточной воды;
- электропроводность котловой воды чистого и соленого отсека котла ст№4 снизилась в 2 раза;
- среднее значение электропроводности питательной воды, пара и конденсата не превышало нормы ПТЭ, при этом значение в паре и конденсате на 0,1 мкСм/см ниже, чем при традиционном ВХР (аммиак и фосфаты);
- концентрация натрия по тепловому тракту (питательная вода, пар и конденсат) ТЭЦ снизилась ≈ в 2,5 раза (Рис. 13). При этом среднее значение pH в паре и конденсате повысилось до значения 8,3, а дозировка аммиака оставалась на том же уровне, концентрация аммиака в конденсате ≈ 200 мкг/дм^3;
- концентрация фосфатов в котловой воде поддерживалась в пределах значений ПТЭ для режима пониженного фосфатирования.

В результате введения реагентов Puro Tech снизились процессы коррозии как в конденсатно-питательном тракте, так и на поверхностях нагрева котла ст. №4. Об этом свидетельствует снижение концентрации железа в теплоносителе по всему тепловому тракту. Так же это подтверждается и снижением скорости коррозии индикаторных пластин, установленных в линии химического контроля котла ст. №4.

Таким образом, проведенные испытания и опыт применения показали эффективность применения комплексных реагентов Puro Tech для коррекционной обработки питательной и котловой воды, как для котлов среднего, так и высокого давления.

Самое главное преимущество применения реагентов Puro Tech – это снижение повреждаемости и повышение надежности работы тепломеханического оборудования при индивидуальном конкретном подборе химического сочетания реагентов, учитывая возможности заказчиков и технические условия их применения.

Литература:

1) РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. - М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

2) РД 153-34.1.37.531-00. Типовой эксплуатационный регламент водно-химического режима барабанных котлов высокого давления. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
3) СО34.09.307-2001 (РД 153-34.1-09.307-2001), Методика исследований новых водно-химических режимов (ВХР) и оценка их эффективности в условиях эксплуатации энергоблоков СКД.
4) РД 153-34.1-37.313-00, Методика теплохимических испытаний паровых стационарных котлов с естественной циркуляцией. СПО ОРГРЭС, 2001.
5) РД 34.37.517-90, Методические указания по автоматизации дозирования гидразина и аммиака в конденсатно-питательный тракт энергоблоков ТЭС.
6) А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров «Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке».- М.: Де Ли плюс, 2012.-429 с.
7) «Гидродинамический расчет котельных агрегатов. Нормативный метод» под редакцией В.А. Локшина – М.: Энергия, 1978 - 256 с.
8) РД 153-34.1-37.306-2001, Методические указания по контролю состояния основного оборудования тепловых электрических станций, определение количества и химического состава отложений. ОАО «ВТИ», СПО ОРГРЭС, 2001.

Результаты внедрения коррекционного ВХР паровых котлов ОАО «Каменская БКФ»

Зам. начальника отдела водоподготовки НПФ «Траверс», Гусева О.В., к.т.н., инженер-технолог отдела водоподготовки НПФ «Траверс» Почебыт В.А.

Надежность работы оборудования и трубопроводов теплофикационных циклов зависит от организации водно-химического режима, назначение которого в первую очередь ограничить или полностью предотвратить коррозию поверхностей. При всем разнообразии видов коррозии на отдельных участках пароводяного тракта преобладают те или иные виды коррозии. Меры борьбы направляются в первую очередь против преобладающего вида коррозии.

Основным видом коррозии паро-конденсатного тракта является углекислотная коррозия. На отечественных тепловых электростанциях с барабанными котлами основным водным режимом является режим с дозированием аммиака (и гидразина на блоках высокого давления) в конденсатно-питательный тракт. Этот режим нельзя считать оптимальным для теплофикационных промышленных установок с разнородными конструкционными материалами и разветвленными тепловыми схемами. Кроме того, в ряде случаев промышленные потребители не допускают наличие аммиака в паре.

Отсутствие коррекционной обработки питательной воды паровых котлов котельной ОАО «Каменская БКФ» приводило к повышенной агрессивности пара и его конденсатов и, как следствие к интенсивной коррозии трубопроводов и оборудования паро-конденсатного тракта котлов.

Такое положение потребовало разработки технологической схемы для организации коррекционного ВХР котлов с целью защиты парового и конденсатно-питательного тракта от коррозии.

Для корректировки pH питательной воды и конденсата паровых котлов все большее применение как у нас в стране, так и за рубежом находят композиции на основе летучих нейтрализующих аминов.

Специалистами компании НПФ «Траверс» разработаны реагенты АМИНАТ марки ПК для предотвращения углекислотной коррозии. Реагенты АМИНАТ марки ПК представляют собой смесь трех нейтрализующих аминов с лучшими суммарными нейтрализующими свойствами и более низким коэффициентом распределения по сравнению с аммиаком. Кроме того, компоненты АМИНАТ марки ПК образуют защитную пленку на поверхности металла и замедляют скорость коррозии даже при неполной нейтрализации углекислоты. Реагенты надежно защищают паро-конденсатный тракт от

углекислотной коррозии независимо от его протяженности. Для организации коррекционного ВХР паровых котлов котельной ОАО «Каменская БКФ» был выбран реагент АМИНАТ марки ПК-1.

В ходе наладочных работ рассчитывалось содержание углекислоты в насыщенном паре, и определялась доза реагента АМИНАТ марки ПК-1, необходимая для корректировки pH конденсатов до значения 8,5. Реальная доза реагента складывалась из расчетной дозы и избытка, который изменяли в ходе испытаний для определения оптимальных условий подавления коррозионных процессов.

По результатам наладочных работ были определены эффективные дозы реагента АМИНАТ марки ПК-1 при различных величинах щелочности умягченной воды, которые составляли от 8 до 14 мг/дм^3 при колебаниях щелочности от 0,6 до 1,1 мг-экв/дм^3. Эффективная доза по активному веществу рассчитывалась в зависимости от концентрации углекислоты в насыщенном паре по формуле – $D_{ПК-1} = 1,5\ (C_{угл.}/2)$.

Получено, что эффективные дозы реагента АМИНАТ марки ПК-1 повышали pH возвращаемых конденсатов до значений 8,8-9,0, обеспечивая условия практически полного предотвращения процессов коррозии в паро-конденсатном тракте паровых котлов. При этом содержание соединений железа в конденсатах уменьшалось до значений ниже нормируемых (не более 100 мкг/дм^3).

Была определена зависимость солесодержания насыщенного пара от дозы реагента АМИНАТ марки ПК-1 для паровых котлов котельной ОАО «Каменской БКФ», из которой было установлено, что увеличение солесодержания выше 1000 мкг/дм^3 при дозировании реагента не связано с нарушением ВХР котлов. Полученная зависимость демонстрирует определяющую роль переноса летучих компонентов реагента АМИНАТ марки ПК-1 в пар.

Технология обработки охлаждающей воды с применением ингибиторов марки ОПЦ

Хасанова Д.И., ОАО «Нижнекамскнефтехим», Сафин Д.Х., ФГБОУ ВПО «КНИТУ»

Предприятия химической, нефтехимической, металлургической промышленности, производящие широкий ассортимент продукции, характеризуются сложными многостадийными, высокотемпературными процессами и являются крупнейшими потребителями воды, большая часть которой расходуется на процессы охлаждения в системах водооборота. Каждая система водооборота имеет свои особенности, но всех их объединяют, присущие им три взаимосвязанные проблемы: коррозия, солевые отложения, биообрастания. Возникающие проблемы - многофакторные, требующие комплексного решения. Один из вариантов такого решения – это использование комплекса взаимосовместимых реагентов, включающих ингибиторы коррозии, биокоррозии, солеотложений.

В Научно-технологическом центре ОАО «Нижнекамскнефтехим» разработан комплекс реагентов для обработки охлаждающей воды систем водооборота:

- ОПЦ-200 – комплексный ингибитор коррозии, содержащий органические и неорганические фосфаты;
- ОПЦ-300 – водорастворимый диспергатор на основе производных полиакрилатов, предотвращающий отложения накипи и шлама;
- ОПЦ-400 – биодиспергатор, моющая композиция для смывания масляных пленок при утечках технологических продуктов и предотвращения образование биопленок на поверхности теплообмена;
- ОПЦ-600 – представляет собой неокисляющий биоцид, который уничтожает бактерии (бактерицид), водоросли (альгицид), грибки (фунгицид) и предотвращает их рост. Биоцид предназначен для периодической обработки охлаждающей воды.

Все реагенты марки ОПЦ в промышленном масштабе выпускаются ОАО «Химический завод им. Л.Я. Карпова» г. Менделеевск, согласно ТУ 2415-154-05766801-2010 и ТУ 2499-160-05766801-2011. Исследования лаборатории «Центра гигиены и эпидемиологии Республики Татарстан» реагентов марки ОПЦ на токсичность показали, что ингибиторы ОПЦ по степени воздействия на организм относятся к малоопасным веществам IV класса опасности по [ГОСТ 12.1.007].

Проведенные гравиметрические исследования по изучению скорости коррозии образцов из углеродистой стали (Ст3) при

изменении концентрации реагента ОПЦ-200 в модельных растворах имитирующих охлаждающую воду показывают, что оптимальная дозировка данного реагента составляет 55-80 мг/л. Дальнейшее повышение дозировки реагента, практически, не влияет на скорость коррозии углеродистой стали. Установлено, что данный ингибитор коррозии наиболее эффективен в области нейтральных значений pH – воды, что допускает возможность поддержания общей щелочности обрабатываемой воды и требуемых значений pH подкислением неорганическими кислотами. Эффективность оптимальной дозы ингибитора по результатам гравиметрических испытаний составляет 90-97%.

Электрохимическими исследованиями на потенциостате ПИ 50.1-1 установлено, что введение ингибитора ОПЦ-200 в испытуемую среду приводит к сокращению времени установления стационарного потенциала практически в 3 раза. При этом происходит сдвиг стационарного потенциала углеродистой стали (Ст3) в положительную сторону от (-440) до (-360) мВ (н.в.э), что свидетельствует об уменьшении скорости коррозии за счет протекания адсорбционных процессов, подавляющих преимущественно анодное растворение металла. По характеру изменения поляризационных кривых следует (Рис. 1), что данный ингибитор обладает смешанным действием катодной и анодной защиты.

Указанное время стабилизации скорости коррозии образцов (индукционный период) связано со стабилизацией поверхностной концентрации адсорбируемого ингибитора, а также достижением эффективной толщины и плотности защитной пленки на поверхности металла. Причем, чем эффективнее действие ингибитора, тем меньшее время составляет индукционный период [1].Формируемая защитная пленка представляет собой продукт взаимодействия атомов металла, ингибитора и ионов коррозионной среды и, в случае применения фосфатных ингибиторов, обычно формируется из оксидов и фосфата железа [2].

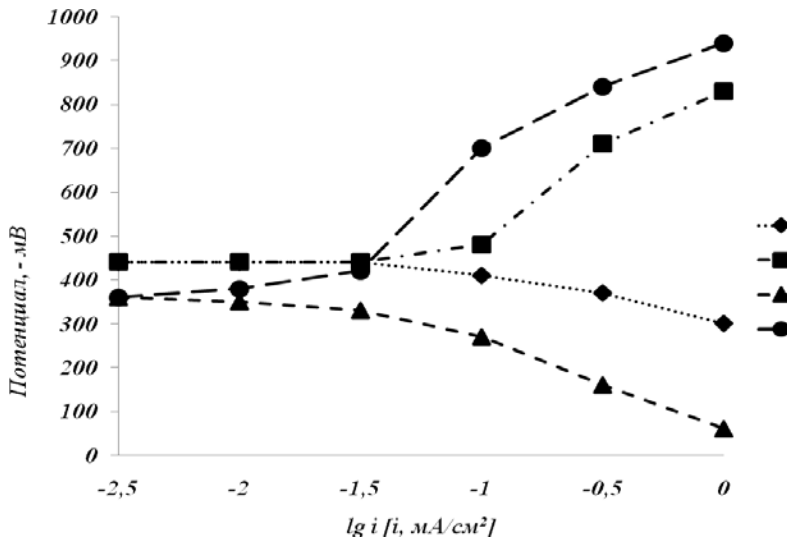


Рис. 1 - Анодные (1, 3) и катодные (2, 4) поляризационные кривые: 1, 2 - без ингибитора; 3, 4 - с ингибитором (содержание 80 мг/л).

Наглядным подтверждением образования прочной защитной пленки является внешний вид образцов из углеродистой стали Ст3, выдержанных в испытуемой ингибированной водной среде, с равномерным покрытием защитной пленки серо-голубого цвета.

Использование фосфатсодержащих ингибиторов предполагает возможность образования солевых отложений в виде карбоната, сульфата и фосфата кальция. С целью предупреждения вышеописанных проблем целесообразно совместно с ингибиторами коррозии применять ингибиторы солеотложений. В качестве последнего предлагается применять диспергатор ОПЦ-300, представляющий собой смесь водорастворимых полиакрилатов. Проведенные испытания по оценке эффективности ингибирования солеотложений в испытуемой воде при разных концентрациях реагента ОПЦ-300 показывают, что оптимальное содержание данного реагента составляет 30-40 мг/л. В указанном интервале обеспечивается эффективность ингибирования кальциевых отложений на уровне 75-90%. Высокая эффективность реагента ОПЦ-300 в испытуемой воде с высокой жесткостью, аналогично других известных диспергаторов на основе полиакрилатов [3-5], основана на способности переводить кристаллы карбоната кальция из игольчатой формы арагонита в кубическую форму зародыша кальцита, который не способен прикипать и образовывать отложения на поверхности теплообменного оборудования.

Испытания в модельных растворах не дают полного представления об эффективности ингибиторов в реальной охлаждающей системе нефтехимического производства. Трудно предотвратимые выбросы нефтепродуктов в систему, ее заражение бактериями и появление в оборотной воде сероводорода вызывает необходимость испытания ингибиторов коррозии в более жестких условиях. В ходе коррозионных испытаний в упаренной воде реки

Кама (Ку=4) с добавлением 100 мг/л эмульгированных углеводородов (сырой нефти с содержанием сероводорода более 1%) установлено, что ингибитор коррозии ОПЦ-200 обладает высокой эффективностью (91,9%). Испытания с добавлением биодисперсанта ОПЦ-400, представляющего собой 20% водный раствор нПАВ, и биоцида ОПЦ-600, повышает эффективность ингибирования коррозии до 97,5%.

Влияние ПГМГ – основного вещества биоцида связано как с торможением роста бактерий (на 99,9%) и биокоррозии, так и с возможным ингибированием им коррозии стали. Механизм ингибирования стали ПГМГ может быть связан как с адсорбцией, так и с процессом комплексообразования и агрегации молекул самого полимера, т.к. известно, что ПГМГ в водных растворах способен образовывать комплексы с катионами металлов и первичными продуктами гидролиза [4].

Использование эффективного биодисперсанта повышает эффективность действия биоцида ПГМГ, т.к нПАВ не дает возможности бактериям прикрепляться к поверхности металла и способствует смыванию в объем воды имеющихся прикрепленных биоцинозов.

На основе проведенных лабораторных исследований разработана технология обработки оборотной воды и проведены опытно-промышленные испытания на системах водооборота ОАО «Нижнекамскнефтехим».

Поскольку в системах водооборота нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств есть вероятность попадания технологических продуктов (углеводородов) в охлаждающую воду, особое внимание уделялось биологической загрязненности системы и возможности биокоррозии.

Обработку оборотной воды неокисляющим биоцидом марки ОПЦ-600 производили шоково в чашу градирни, при этом отслеживалась продолжительность эффективного воздействия данного препарата (Рис. 2). Пролонгированность действия препарата – 12-14 дней, максимальная эффективность проявляется на 6-7 сутки после обработки. Частота обработки зависит от загрязненности системы: в начальный период - один раз в неделю, по мере очищения системы водооборота количество обработок сократилось до одного раза в месяц. По данным исследований охлаждающей воды на биологическую активность воды видно, что система водооборота не подвержена биологической загрязненности. При этом отслеживался показатель – «биологическая активность», измеренная в относительных световых единицах. За норму контроля принималось значение «не более 250 RLU».

Таким образом, биоцид ОПЦ-600 обладает пролонгированным действием, высокой химической стабильностью, отсутствием коррозионной активности по отношению к материалам трубопроводов и оборудования, высокой эффективностью даже в присутствии углеводородов.

Коррозионную активность воды исследовали по показателю “мгновенная скорость коррозии” при помощи портативного коррозиметра «Эксперт-004» данные которого хорошо согласуются с результатами гравиметрических измерений на образцах-купонах. Скорость коррозии углеродистой стали в период испытаний находилась в пределах 0,01 - 0,05 мм/год.

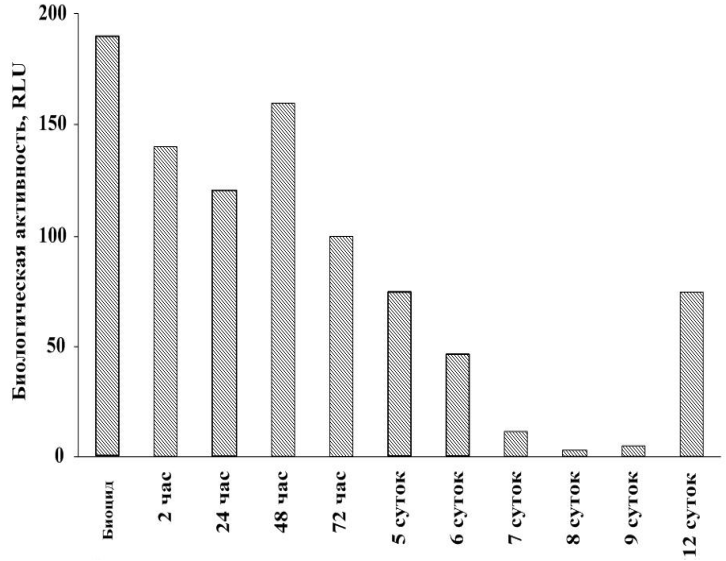


Рис. 2 – Продолжительность действия шоковой биоцидной обработки оборотной воды в реальной СОВ (пролонгированное действие).

Пятилетний опыт применения этих реагентов для обработки оборотной воды показывает, что разработанная технология обеспечивает надежную защиту технологического оборудования от коррозии, накипи и биоотложений.

Литература

1. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. Л.: Химия, 1977.350 с.
2. Акользин А.П. Противокоррозионная защита стали пленкообразователями. – М. : Металлургия, 1989, 192 с.
3. Шегидевич Г.А. Ингибирование кристаллизации карбоната кальция в водных растворах: Дисс. канд. хим. наук, - Казань. 1989.
4. Чиркунов А.А., Кузнецов Ю.И., Казанский Л.П. Формирование защитных слоев на низкоуглеродистой стали ингибитором коррозии на основе анавидина // Коррозия: материалы и защита 2007. №9.С. 27-32.

Результаты многолетней реагентной обработки оборотной воды с целью предотвращения накипи, коррозии и биообрастаний в системах водяного охлаждения предприятия

Павлухина Л.Д. – ОАО «Воскресенские минеральные удобрения», Беляева С.А., Малютина Н.Ю.

В производстве серной кислоты для ее охлаждения используется оборотная вода из системы водооборотного цикла, в вентиляторных градирнях которого температура нагретой оборотной воды снижается на 6-7^{0}С.

В отсутствии реагентной обработки (в зимний период времени – с декабря по февраль) скорость коррозии углеродистой стали в оборотной воде составляла 0,28-0,4 мм/год. Причем, постоянно в этот период характер коррозии контрольных пластин – неравномерный, язвенный, при котором разрушения развиты в глубину, при этом даже незначительная потеря металла может привести к выходу оборудования из строя. Скорость биологических отложений достигала 0,007-0,010 г/м^2 х час, а общее микробное число (ОМЧ) в оборотной воде максимально составило 6900 КОЕ/см^3. Интенсивность накипеобразования оценивалась по изменению значения фактической карбонатной жесткости воды, которая постоянно была меньше показателя расчетной исходя из коэффициента (К) упаривания и значения карбонатной жесткости подпиточной воды (речной воды из реки Москвы). Эта разница: ΔЩ=Щ расч – Щ факт > 0,3 мг-экв/дм^3 свидетельствует о протекании процессов образования накипи на поверхности оборудования, водоводов и градирен, а значение ΔЩ < 0,3 мг-экв/дм^3 косвенно указывает на отсутствие образования накипи. Установленные нормативные показатели основных параметров оборотной воды следующие:

- скорость коррозии конструкционных материалов коммуникаций, водоводов, оборудования не должна превышать 0,1 мм/год;
- накипеобразование на поверхности коммуникаций и оборудования должно отсутствовать;
- содержание ОМЧ в оборотной воде не более $10^4 – 10^5$ КОЕ/см^3.

Обработку оборотной воды СКП производили ингибиторами: «ИК-1» на основе оксиэтилиден- и нитрилотриметилдифосфоновой кислот для снижения накипеобразования, марки «ИКС-7» на основе поли- и метафосфата натрия для предотвращения коррозионной агрессивности оборотной воды, марки «Д-1» на основе неионогенных ПАВ как диспергатора для вымывания взвесей из трубок теплообменной аппаратуры. Реагенты вводили в оборотную воду непрерывно с помощью насосов-дозаторов. Расчет расхода реагентов выполнялся на объем подпиточной воды ВОЦ.

Обработку воды реагентами, как правило, проводили с марта-апреля по ноябрь месяц. Реагенты вводили в систему ВОЦ в оборотную воду в следующих количествах:
ИК-1 – расход 0,32-0,43 $дм^3$/час (2,0-3,2 г 100%PO_4 орг /$м^3$);
ИКС-7 – расход 0,88-1,1 $дм^3$/час (2,8-3,7 г 100% PO_4 неорг /$м^3$);
Д-1– расход 0,7-0,9 $дм^3$/час (7,5-10 г товарного реагента /$м^3$).

Средние результаты контроля подпиточной и оборотной воды в летний период времени (при более высоком К упаривания оборотной воды) приведены в таблице №1.

Таблица 1

Средний	Ингредиенты						Фосфаты, мг/дм3		
	pH, ед pH	Жесткость, ^{0} Ж	Щелоч. св/общ, мг-экв/$дм^3$	Cl,, мг/$дм^3$	SO_4, мг/$дм^3$	Fe, мг/$дм^3$	PO_4 общ	PO_4 неорг	PO_4 орг
Подпиточная вода – речная вода									
Ср.	7,12	4,37	Отс/2,57	57,3	62,8	0,52	1,07	0,99	0,08
Оборотная вода									
Ср.	8,33	7,57	0,4/4,42	99,1	105,3	0,59	5,42	3,82	1,60
К уп	-	1,73	1,72	1,73	1,68	-			

Из полученных данных следует, что К упаривания оборотной воды поддерживался по хлоридам равным 1,73, что эквивалентно Куп по показателю жесткости (Куп=1,73) и щелочности (Куп=1,72).
Фактический средний показатель карбонатной жесткости оборотной воды отличался от расчетного значения на величину: (Δ Щ= 1,73 х 2,57 – 4,42 = 0,03 мг-экв/$дм^3$ при допустимом значении не более 0,3 ммоль/$дм^3$. Это указывает на отсутствие образования отложений солей жесткости на поверхности оборудования.

Изменение показателей общей и карбонатной жесткости в течение всего периода обработки оборотной воды в 2012 и в 2013 г представлено на Рис. 1-2. Графическое изображение показателей приведено на основании еженедельных результатов аналитического контроля состава воды. При этом значения общей жесткости изменялись от 4,3 до 8,7 ^{0} Ж , а показатель карбонатной жесткости – от 3,3 до 6,5 мг-экв/$дм^3$.

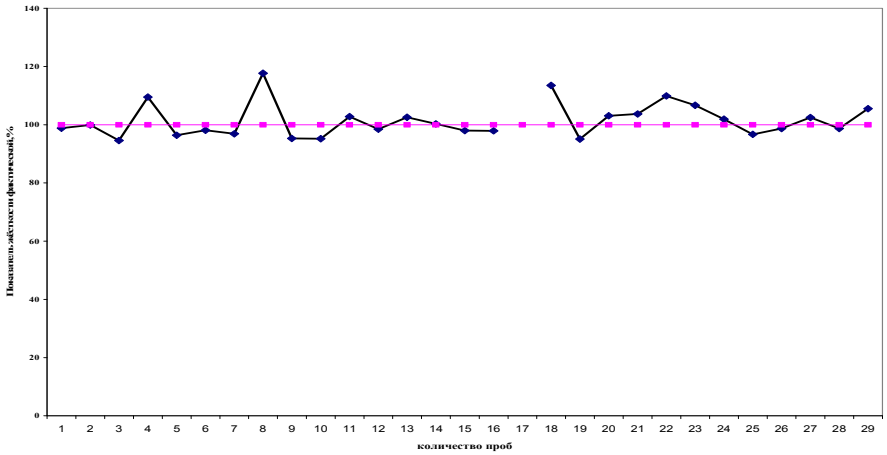


Рис. 1. Изменение фактических показателей жесткости оборотной воды в процессе ее обработки

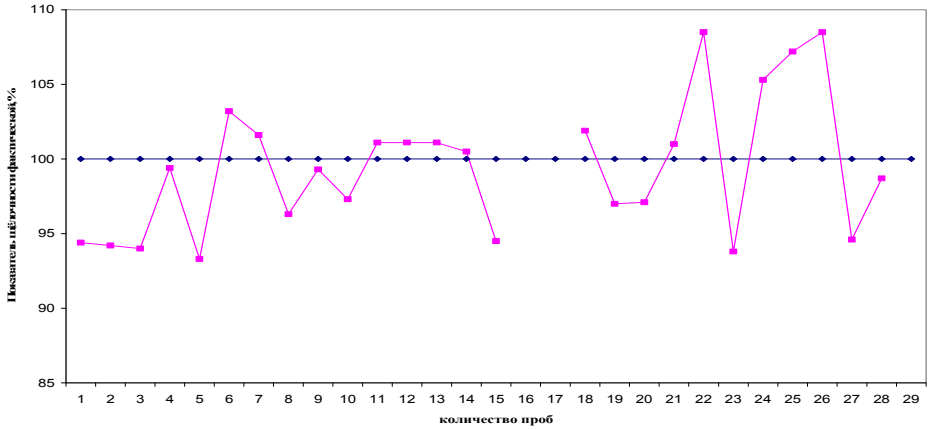


Рис. 2. Изменение фактических показателей щелочности оборотной воды в процессе ее обработки.

Как следует из графических результатов, фактическое содержание в оборотной воде солей жесткости при ее обработке может превышать расчетное значение исходя из К упаривания или быть чуть ниже расчетного, принятого за 100%. При превышении солей жесткости выше 100% относительно расчетной протекают процессы растворения образовавшегося осадка. Тоже самое зафиксировано и на рис 2 при изменении солей карбонатной жесткости.

Скорость коррозии контрольных пластин из углеродистой стали, погружаемых ежемесячно в оборотную воду, изменялась от 0,03 до 0,081 мм/год. Зависимость изменения скорости коррозии пластин из Ст3 в оборотной воде в течение 2012-2013 г приведена на Рис. 3. Согласно десятибалльной шкале оценки коррозионной стойкости металлов и сплавов (ГОСТ 13819-68) при значении показателя скорости коррозии менее 0,1 мм/год материал является стойким (5-я группа стойкости) и рекомендуется для эксплуатации.

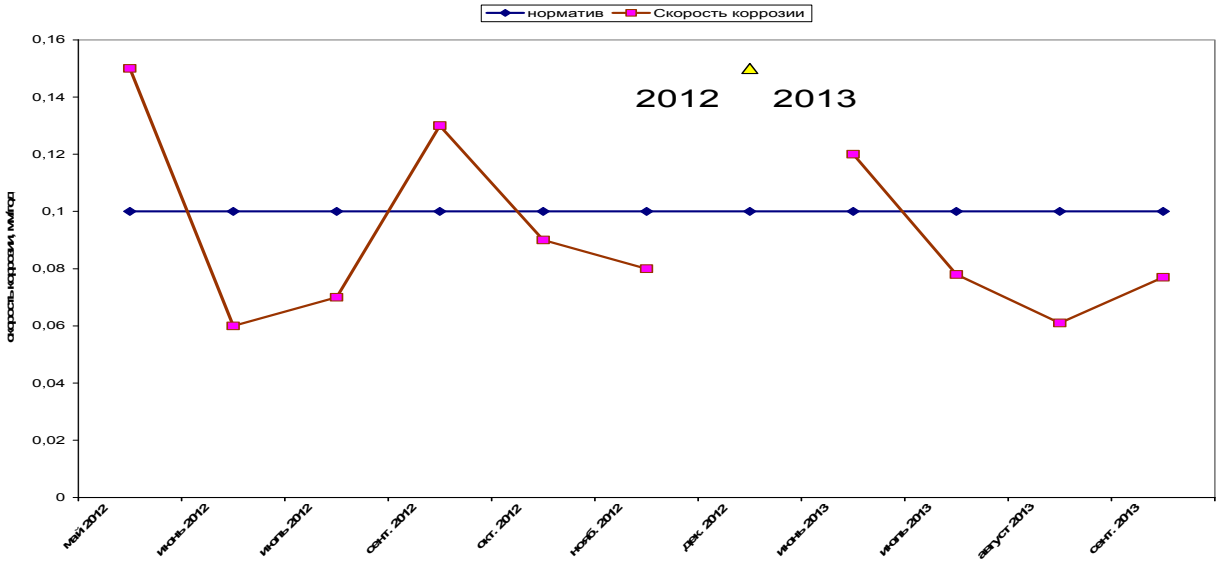


Рис. 3 Изменение скорости коррозии контрольных пластин Ст3 в оборотной воде.

Ингибиторный эффект составил γ = 6,7.

Степень защиты характеризует полноту коррозии и обычно вычисляется в процентах - ее значение составило 85%.

Было зафиксировано, что скорость коррозии контрольных пластин превышала норматив в первый месяц дозирования после зимнего периода времени и в первый месяц после капитального ремонта цеха, достигая при этом значений скорости коррозии 0,12 – 0,15 мм/год.

В результате реагентной обработки оборотной воды состав отложений на внутренней поверхности теплообменников изменился – в основном в отложениях содержится мелкие илистые рыхлые осадки, представляющие собой кремниевые соединения

Таблица 2

Состав отложений в теплообменниках, %

CaO	SiO_2	Fe_2O_3	SO_4	PO_4	П.П.П
2,30	53,06	9,48	0,03	0,45	1,85

ОМЧ в оборотной воде ВОЦ производства серной кислоты не превышало 6900 КОЕ/см^3, но в июне 2013 г впервые составило 225 000 КОЕ/см^{3,} что выше максимального значения норматива (100 000 КОЕ/см^3) в 2,25 раза. Значение ОМЧ в оборотной воде в июле 2013 г значительно упало до 3250 КОЕ/см^3.

В результате реагентной обработки оборотной воды ВОЦ №6 биоцидом на основе катамина в сезоне 2012 г было установлено постоянное повышенное значение ОМЧ (15000 – 83000 КОЕ/см^3). В связи с этим в 2013 г реагент был заменен на новый биоцид Б-5 (раствор полигексаметиленгуанидина гидрохлорида). Обработка

оборотной воды проводилась 1 раз в неделю (среда). Доза реагента составила 15 г/м^3 оборотной воды (расчет ведется на общий объем воды в системе).

На основании многолетнего проведения реагентной обработки воды установлено:

1) «привыкание» микрооорганизмов и бактерий в оборотной воде к одному виду биоцида, в связи с чем марку биоцида необходимо периодически менять;

2) необходимость проводить реагентную обработку и в зимний период времени даже в отсутствии работы вентиляторов в градирнях ввиду обледенения последних, так как за этот период времени усиливаются процессы коррозии и накипеобразования в условиях более высокого содержания солей жесткости, анионов хлоридов и сульфатов в подпиточной воде реки Москвы;

3) ввести биоцидную обработку оборотной воды системы ВОЦ сернокислотного производства несмотря на низкое значение ОМЧ в оборотной воде, так как на внутренней поверхности трубок теплообменников все же появляются илистые отложения, в массе которых происходит размножение бактерий и микроорганизмов;

4) не прерывать реагентную обработку оборотной воды в период капитального ремонта цеха;

5) проводить поиск композиций – ингибиторов накипеобразования, коррозии и биоцидов на лабораторной модельной установке водооборотного цикла с целью подбора эффективных и дешевых реагентов.

Для заметок:

christmas-plus.ru
крисмас.рф

Комплексное оснащение

Christmas®

МЫ ВСЕГДА ОТКРЫТЫ ДЛЯ СОТРУДНИЧЕСТВА!

ЗАО «Крисмас+», 191119, Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, д. 6
тел. (812) 575-50-81, 575-57-91; факс: (812) 325-34-79 (круглосуточно); E -mail: info@christmas-plus.ru

Поставка. Установка. Подключение. Обучение. Сервисное обслуживание

ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, НАУЧНЫХ И УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Средства контроля водных сред и почвы (тест-системы, тест-комплекты, комплектные и ранцевые лаборатории, полевые и судовые лаборатории, анализаторы, pH-метры, кондуктометры, иономеры и расходные материалы, электроды, оборудование для отбора и пробоподготовки, государственные стандартные образцы и т. п.).
Средства контроля воздуха, загрязнений атмосферы и промышленных выбросов, газовых смесей (индикаторные трубки, газоопределители, газоанализаторы и мини-экспресс-лаборатории, аспираторы и пробоотборные устройства, поверочные газовые смеси и т. п.).
Средства контроля и анализа нефти и нефтепродуктов.
Средства контроля санитарно-бактериологических и микробиологических параметров.
Средства контроля физических параметров окружающей среды (измерители климатических параметров, освещенности, параметров электромагнитных полей, шума и вибрации, концентрации паров и т. п.).
Средства дозиметрического и радиометрического контроля.
Средства общелабораторного оснащения (микроскопы, термостаты, лабораторные печи и шкафы, стерилизаторы, дистилляторы, лабораторные центрифуги и перемешивающие устройства, приборы для взвешивания, термометры, экстракторы, вибрационные устройства и принадлежности и т.п.).
Лабораторные приборные комплексы (электронные микроскопы, фотометры, спектрометры и хроматографы, вспомогательное оборудование и т.п.).
Вычислительная техника, периферийные устройства, программное обеспечение и оргтехника.
Лабораторная, кабинетная мебель.
Лабораторная посуда (посуда из стекла, фарфора, полипропилена, фторопласта).
Химические реактивы и материалы.
Лабораторные инструменты и принадлежности.
Средства индивидуальной защиты.
Передвижные мобильные лаборатории (комплектация по требованиям заказчика).
Нормативно-методические и справочные документы в области лабораторной практики, охраны окружающей среды и условий труда, а также специальная учебная литература.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Наборы типового учебного оборудования по биологии, химии, физике, географии, экологии, ОБЖ и технологии.
Учебные лаборатории для проведения экологически ориентированных практикумов и учебно-исследовательских работ.
Комплектное оборудование для летней полевой практики и экспедиционной работы.
Учебную, игровую, аудиторную и лабораторную корпусную и металлическую мебель.
Лабораторное оборудование для проведения демонстрационных работ преподавателем.
Школьные классы естественнонаучного цикла.
Технические средства обучения.
Наглядные пособия.
Наборы посуды и химических реактивов для проведения лабораторных работ обучающимися.
Стендовое оборудование для профильного и высшего образования.
Кабинеты сварки.
Станочное оборудование.
Оборудование для медицинских кабинетов и многое другое, необходимое для организации современного и эффективного педагогического процесса.

Производим оборудование, позволяющее организовать педагогический процесс в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта.

РЕГИСТР РСТ ИСО 9001 I-Net Санкт-Петербург ТЕСТ

ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА ОТ ГРУППЫ КОМПАНИЙ КРИСМАС

Christmas® МЕБЕЛЬ ЛАБОРАТОРНАЯ КАБИНЕТНАЯ МЕБЕЛЬ

СОЮЗ ЭКОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

УО УЧЕБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ Санкт-Петербургское общественное учреждение содействия образовательному процессу

ТРАВЕРС®
химия профессионалов

Реагенты АМИНАТ™ и технологии ТРАВЕРС для водоподготовки

Предлагаем эффективные решения для:

- Систем горячего водоснабжения и систем с открытым водоразбором;
- Установок обратного осмоса и нанофильтрации;
- Водооборотных циклов (ВОС) и систем охлаждения;
- Паровых котлов различных параметров;
- Систем с водогрейным оборудованием;
- Теплосетей;
- Систем с катионообменными материалами;
- Систем, требующих отмывки/очистки от накипи и коррозии.

Специалисты ТРАВЕРС осуществляют подбор оптимальных реагентов и технологий под конкретные нужды Заказчика.

Сделать заказ, получить консультацию менеджера, а также по вопросам технологического сопровождения обращайтесь:
Тел./факс: (495) 223-61-89,
223-61-07

Лаборатория
Тел./факс: (495) 983-58-88,
доб. 13, 14

Для постоянных клиентов
Уточнить наличие продукции на складе, узнать о готовности заказов можно в отделе сбыта:
Тел./факс: (495) 223-61-06

Пишите нам: 107076, Москва, а/я 42
E-mail: voda@travers.su

Самая актуальная информация о продуктах **ТРАВЕРС** размещается на наших сайтах:

www.prom-voda.ru
www.travers.su