

МАТЕРИАЛЫ II КОНФЕРЕНЦИИ ЧАСТЬ II
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ
КОРРОЗИИ И НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ»
(22-24 мая 2007 года, г. Москва, ГК «Измайлово»)

	Стр
ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОНАТОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ . Г.Я. Рудакова, к.х.н., А.А. Кузусев, ООО «НПФ Траверс», г. Москва	2
ОПЫТ КОНСЕРВАЦИИ И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИИ КОМПОЗИЦИЕЙ ККФ. С.А. Потапов, ООО «ИТЦ ОРГХИМ», г. Казань	13
РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА НЕКОТОРЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ. Е.А. Сучкова, ООО «НПФ Траверс»; С.В. Троц ЗАО «РНПК Вектор», г. Москва	19
ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНГИБИТОРА «АМИНАТ – А» НА ОАО «ЗСМК». Е.Г.Краснова, ООО «Аквахим - К», г. Новокузнецк	21
ПРОГРАММА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ОБРАТНОГО ОСМОСА И НАНОФИЛЬТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВИСНЫХ РЕАГЕНТОВ СЕРИИ АМИНАТ. А.Г. Первов, ООО «Уотерлэб», Г.Я.Рудакова Г.Я, ООО «НПФ «Траверс», г. Москва	22
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИСКАЛАНТОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСТАНОВКАХ ОБРАТНОГО ОСМОСА ОАО «ММК» Е.Н.Волкова, ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», А.А.Волков, ООО «Химпром», г.Магнитогорск	30
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ. Первов А.Г., Андрианов А.П., Кондратьев В.В., Спицов Д.В. Кафедра Водоснабжения МГСУ, г.Москва.	35
О ПРАКТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНГИБИТОРА ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ АМИНАТа – К М.С. Краснов, В.В.Быков, А.В. Аникеев, фирма «Экодар», г. Москва.	44
НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА УСТАРЕВШЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДОЧИСТКИ ХВО М.А. Градусова,, И.С. Балаев., О.Б. Яковенко, ООО «ФинИнвестКом», г. Москва	49
КОРРЕКЦИОННЫЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ МАРКИ АМИНАТ. О.В. Гусева; Н.Е.Ковалева , ООО «НПФ Траверс», г. Москва	53
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ ПАРОКОНДЕНСАТНЫХ ТРАКТОВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОАО «ПИВОВАРЕННАЯ КОМПАНИЯ «БАЛТИКА» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Г.ТУЛА). Г.В. Черкаев, ООО «Интрэй Северо-Запад», г. Санкт-Петербург	58
ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ПАРОКОНДЕНСАТНОГО ТРАКТА ПАРОВЫХ КОТЛОВ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ № 12 РЯЗАНСКОЙ НПК. О.П. Мехина, РНПК, г.Рязань	61
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ ПРИБОРОВ В ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ СРЕД С. В.Шорин, ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва	64
СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЩЕЛОЧНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В СХЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ. Е.В. Угай, «Пьюролайт Интернэшнл Лимитед», г. Москва.	66
УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОТМЫВОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ. Е.А. Сипилина, В.Е.Ларченко, ООО «НПФ Траверс», г.Москва	71
ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАГЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВА ВWT ДЛЯ МОЙКИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ. М.Р. Петров, ООО «BWT – сервис», г.Москва	73
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ АНТИНАКИПНОГО ДЕЙСТВИЯ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПОСОБА ВОДОПОДГОТОВКИ Е.К. Казимиров, О.Е.Казимиров, ООО «Азов», г. Дзержинск	77
ПОДГОТОВКА ВОДЫ МЕТОДОМ ВИТАЛИЗАЦИИ ПРИБОРАМИ BIOBIRD®ФИРМЫ WEITZWASSERWELT В.В.Шваб, ООО «Экотерм», г.Мытищи.	86
ВНЕДРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ШЛАМОТВОДИТЕЛЕЙ OISM И MOS – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Е.Л. Апарин, «НПФ «РАСКО», г. Москва.	91
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ЦЕХОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАБОТЫ А.Г. Салов, СамГТУ, г. Самара	96

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ.

*Первов А.Г., Андрианов А.П., Кондратьев В.В., Спицов Д.В.
Кафедра Водоснабжения МГСУ, г.Москва.*

Мембранные технологии обратного осмоса, нанофильтрации, ультрафильтрации известны достаточно давно и достаточно глубоко проработаны. Однако начало широкомасштабного применения этих методов в питьевом и техническом водоснабжении требует от разработчиков повышения их надежности и эффективности, упрощения технологических схем, снижения капитальных и эксплуатационных затрат.

За годы использования мембранных систем в практике очистки поверхностных и подземных вод сложились определенные представления о типах применяемых мембран, о технологических схемах предварительной очистки воды перед мембранными установками, о требованиях к качеству подаваемой в установки воды, о применяемых реагентах для регенерации мембран и предотвращения образования кристаллических отложений на мембранах, о типах и конструкциях применяемых аппаратов (Рис.1)



Рис. 1. Мембранная система водоподготовки производительностью 20 м³/ч.

В последние годы наметились новые тенденции в разработке нанофильтрационных систем очистки воды, которые требуют от специалистов пересмотра многих из устоявшихся представлений о мембранных процессах. Основная проблема эксплуатации мембранных установок связана с отложениями на поверхности мембран малорастворимых солей, взвешенных, коллоидных и органических соединений. Если мы рассмотрим современные технологические схемы питьевого и технического водоснабжения с применением мембранных процессов обратного осмоса и нанофильтрации, то становится очевидным, что основой себестоимости очистки воды становятся стоимости материалов и реагентов, используемых для предочистки. Годовой запас используемых реагентов часто может превышать стоимость самих мембран. Именно это обстоятельство, связанное с громоздкой предочисткой, не позволяет в полной мере реализовать возможности мембран в питьевом и техническом водоснабжении и других отраслях. Наличие в исходной воде веществ, образующих осадки на мембранах, не обязательно требуют создания "многоступенчатых" схем предочистки. Ведутся разработки мембран с модифицированными поверхностями, "отторгающими" органические, коллоидные и бактериальные загрязнения, одновременно стойкие к воздействию хлора и т.д. Путем совершенствования современных технологий водоподготовки с применением мембран является совершенствование самих мембранных процессов, делающие их с экономической и экологической точки зрения более эффективными. Это позволяет избежать сооружений и химикатов предочистки, сохранить химические промывки и т.д. Другим путем снижения эксплуатационных затрат является совершенствование полимерных мембран, в частности, модификация поверхностей,

снижение способности к адгезии и сорбции коллоидных и органических загрязнений, а также бактерий.

Современный рынок мембранных технологий предлагает большое количество технологических решений и схем, а также аппаратное оформление с использованием мембранных аппаратов рулонной конструкции. Часто создается впечатление, что большинство вопросов уже решены, и остается подобрать необходимое оборудование под технологические схемы. Среди современного мембранного оборудования преобладают аппараты конструкции "рулон". В действительности, мембранные процессы постоянно совершенствуются в зависимости от областей применения. До сих пор преимущества того или иного типа конструкции мембранных аппаратов до конца не определены. В различных областях используются те аппараты, особенности которых (стоимость, габариты, металлоемкость, надежность, устойчивость к загрязнениям, простота в обслуживании) играют главную роль.

Значительное влияние на "загрязняемость" мембран, наряду с другими факторами, оказывает конструктивное исполнение мембранных элементов. В этом плане интересно проследить эволюцию отношения специалистов к различным конструкциям. В начале 80-х годов прошлого века обратноосмотические мембраны в форме полых волокон считались лучшим решением из-за максимальной площади мембран, приходящейся на единицу объема аппарата. В последующие годы с совершенствованием качества плоских композитных мембран сегмент, занимаемый полуволоконными мембранами, резко сократился. При этом основную роль сыграли соображения надежности. Однако серьезность проблемы загрязнения мембран при очистке поверхностных вод побудили к поиску новых решений в области мембранных технологий. В последние годы появляются установки с трубчатыми и полуволоконными (капиллярными) мембранами, не требующими предочистки и химических реагентов для регенерации. Такая конфигурация мембран менее подвержена загрязнению и обеспечивает наиболее эффективную промывку. В качестве перспективы совершенствования мембранных и, в первую очередь, нанофильтрационных элементов рассматриваются элементы с "открытым" напорным каналом, т.е. без турбулизирующей сетки. Эти исследования открывают перспективы создания технологий очистки поверхностных и подземных вод с упрощенной предочисткой или даже без предочистки (рис. 2 и 3).



Рис. 2. Схема устройства установок для очистки поверхностных вод: 1 – бак исходной воды; 2 – фильтр предочистки 50-100 мкм; 3 – насос исходной воды; 4 – напорный бак для промывки; 5 – нанофильтрационные аппараты; 6 – магнитные клапаны; 7 – подача очищенной воды; 8 – сброс концентрата и промывных вод.



Рис. 3. Комплект очистки поверхностных вод производительностью 30 – 50 м³/сут.

Можно с уверенностью сказать, что новые системы подготовки питьевой воды, водоподготовки для энергетики и т.д. только тогда окажутся эффективными с экономической и экологической точки зрения, когда мембранные аппараты окажутся стойкими к загрязнению, не требовать реагентов, позволяя добиться минимальных расходов на собственные нужды.

Основная цель, которую ставили авторы настоящей работы - совершенствование процессов мембранной очистки на основе изучения закономерностей осадкообразования. Внедрению в практику водоподготовки новых технологий во многом мешают "устоявшиеся" стереотипы.

В представлении многих современных специалистов, работающих в водном бизнесе, для любых случаев очистки воды существуют готовые решения. Мембраны лишь "вписываются" в готовые схемы, состоящие традиционно из сооружений предочистки, мембранных установок, сооружений доочистки. Такие решения годятся для "привычных", уже отработанных случаев применения, но при внедрении в "новые" области - питьевое водоснабжение и энергетику с "устоявшимися" ценами - такой подход удорожает технологии. Современный опыт показывает, что для разных процессов требуются различные аппараты и мембраны, позволяющие наиболее эффективно вести очистку.

Область применения мембран в водоснабжении достаточно широка. Между тем внедрение мембран в новые ниши не всегда сопровождается успехом, несмотря на бесспорную эффективность мембран по задержанию различных загрязнений. Оценка капитальных и эксплуатационных затрат при использовании мембран на водопроводных сооружениях или электростанциях не всегда складывается в пользу нового метода. Это объясняется высокими затратами на предочистку, использованием химикатов, промывных растворов, расходом воды на собственные нужды, затратами на электроэнергию и т.д. В "привычных" для обратного осмоса областях применения (медицине, фармацевтической, пищевой промышленности и др.) затраты на предочистку являются неотъемлемыми и принимаются как сами собой разумеющиеся. В новых областях (например, пищевом водоснабжении) мембранам еще предстоит "отвоевать" позиции и доказать не только эффективность, но и продемонстрировать экономический, а так же экологический эффект.

Как показывает анализ существующих технологий, необходимость тщательной предочистки и, вытекающие отсюда высокие затраты, определяются не процессом мембранного переноса, а несовершенством существующих мембранных аппаратов. Используемые в большинстве современных установок рулонные конструкции обладают рядом недостатков, вызывающих ускоренное осадкообразование в мембранных каналах. Ряд известных конструкций (трубчатые фильтры) лишены этих недостатков, что подтверждается многолетним опытом их применения. Однако высокие стоимости и большие габариты препятствовали их широкому распространению. Между тем захват новых "ниш" водного рынка заставляет искать пути снижения себестоимости, в частности, эксплуатационных затрат, что является результатом использования более совершенных конструкций.

Значительная часть капитальных и эксплуатационных затрат описанной технологии водоподготовки обусловлена затратами на предочистку. Это связано с несовершенством

существующих процессов обратного осмоса и нанофильтрации, заключающимся в высокой склонности мембран к загрязнению. Здесь имеются в виду традиционные мембранные аппараты рулонного типа, широко используемые в промышленности и питьевом водоснабжении и аналогичные аппаратам, применяемым для обратного осмоса. Аппараты такой конфигурации явно не подходят для обработки поверхностных вод на водопроводных станциях.

Недостатки современных конструкций мембранных элементов типа "рулон" были отмечены уже давно. Главная причина - наличие турбулизаторной сетки, которая "экранирует" поток и является "ловушкой" для взвешенных частиц[1]. Одновременно в местах контакта узлов сетки с поверхностью мембраны создаются "застойные" зоны, в которых исходная вода концентрируется, вызывая выпадение осадков малорастворимых солей (Рис. 4). Очень большие перспективы имеют рулонные аппараты с "открытым" каналом, более "стойкие" к образованию осадков взвешенных веществ[2].

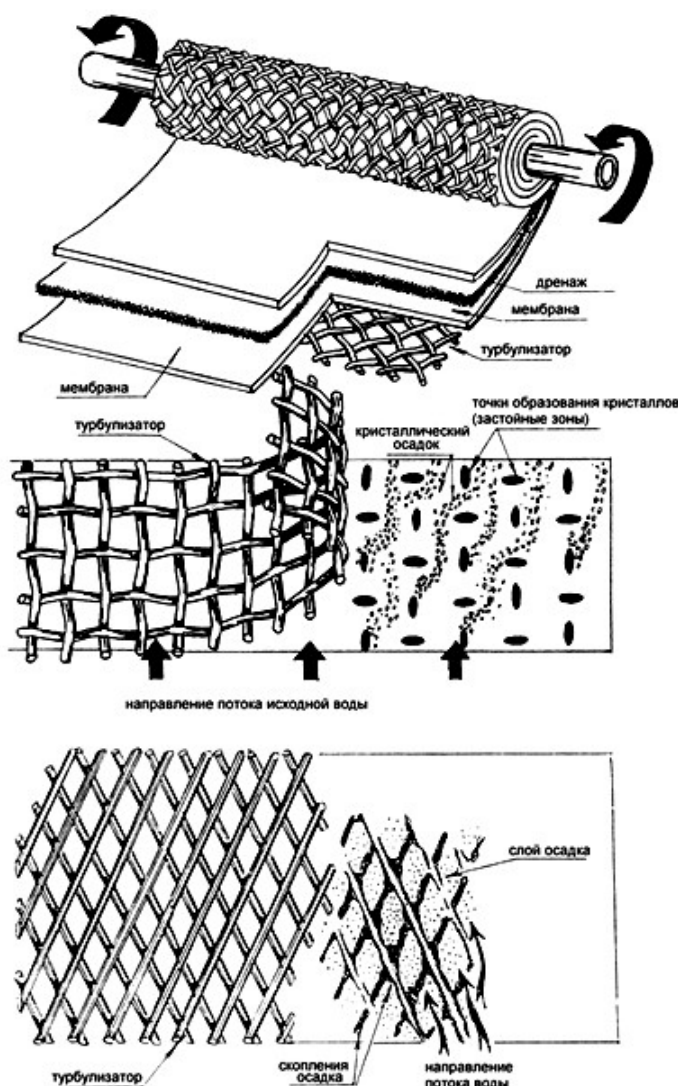


Рис. 4. Иллюстрация влияния конструктивных причин на образование кристаллических осадков в рулонных мембранных аппаратах.

Настоящая работа посвящена разработке новой технологии обработки воды, содержащей взвешенные и растворенные органические вещества, "напрямую" из поверхностных водоисточников без применения дополнительных сооружений предочистки и реагентной обработки.

Такая идея не нова. Например, фирмами "Norit" (Нидерланды) и "PCI" (Великобритания) разработаны технологии и установки подготовки питьевой воды из

поверхностных водоисточников без предочистки. Этими компаниями используются нанофильтрационные аппараты трубчатой конфигурации с капиллярными мембранами диаметром около 1,5 мм ("Norit") или трубчатыми мембранами диаметром 10 - 15 мм ("PCI"). Трубчатые аппараты лишены "застойных зон", и при высокой скорости транзитного потока внутри трубки осаждение взвешенных веществ на поверхности мембран сведено к минимуму. Однако ввиду высокой стоимости таких установок область их применения ограничена небольшими станциями производительностью до 200 м³/сут.[3,4]. Следует отметить и еще один их недостаток - значительный "перерасход" электроэнергии, обусловленный необходимостью создания большого циркуляционного потока.

Целью выполненной работы было обоснование технологии очистки поверхностной воды с применением рулонных аппаратов специальной конструкции с "открытым" каналом, обладающих меньшим гидравлическим сопротивлением и исключающих образование "застойных" зон [5].

При работе рулонного аппарата в зависимости от скорости транзитного потока меняется интенсивность осаждения взвешенных веществ на поверхности мембран. Для их удаления периодически открывается линия сброса концентрата (происходит резкий сброс давления) и накопленные загрязнения смываются с поверхности мембраны. При разработке установок, работающих по описанной технологии (рис 2 и 3), представляет интерес обоснование выбора оптимальной величины давления, скорости транзитного потока, времени проведения гидравлических промывок со сбросом давления.

Указанные величины были определены авторами в процессе экспериментальных исследований и на основании полученных данных проведена оптимизация эксплуатационных затрат, позволяющая получить значения расхода концентрата, объема осадка, время и объем проведения химических промывок.

В задачи проведенных экспериментальных работ входило:

- прогнозирование роста коллоидных и органических осадков на поверхности мембран;
- оценка влияния материала мембран на интенсивность осадкообразования и эффективность гидравлических промывок;
- определение изменения гидравлического сопротивления канала аппарата в процессе загрязнения мембран;
- определение возможности отстаивания и утилизации промывной воды, содержащей осадки взвешенных веществ, удаленные с поверхности мембран.

Результаты экспериментального изучения процесса роста коллоидных и органических загрязнений на мембранах показаны на рис 5.

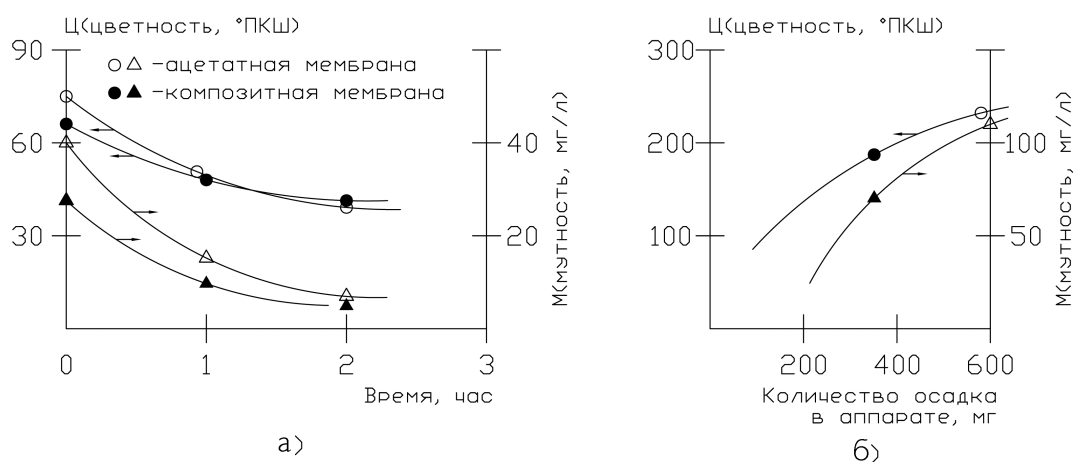


Рис. 5. Определение скорости накопления осадков взвешенных и органических веществ на различных полимерных мембранах: а) снижение мутности и цветности исходной воды в процессе циркуляции в экспериментах с ацетатными и композитными

нанофильтрационными мембранами; б) мутность и цветность промывной воды в зависимости от количества накопленного на мембране осадка.

Как показывают исследования, значительное влияние на скорость накопления на мембранах отложений оказывает скорость транзитного потока (рис.6).

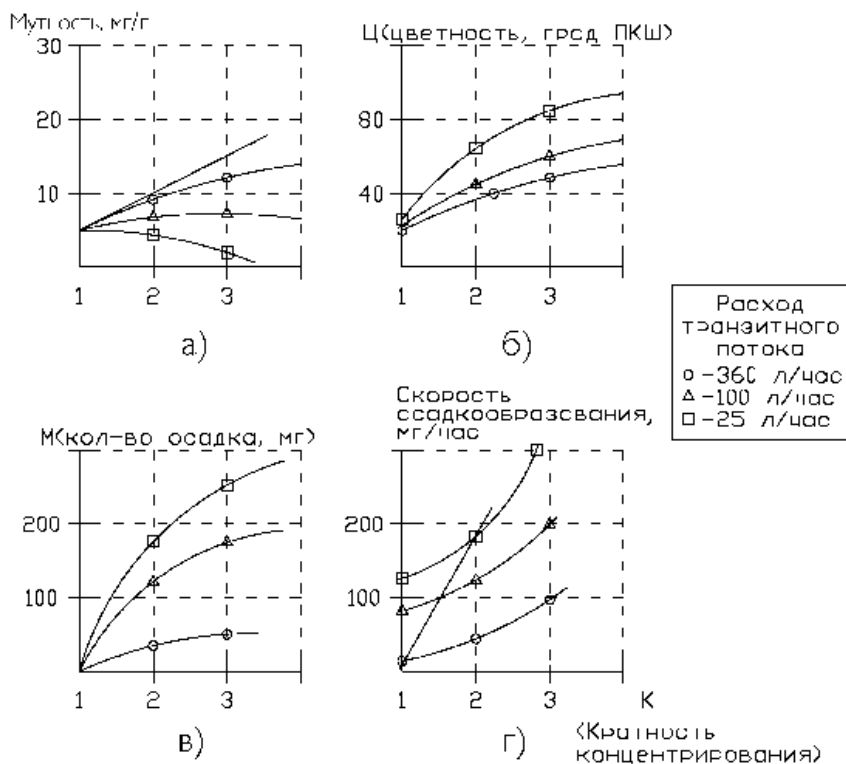


Рис. 6. Влияние скорости транзитного потока на интенсивность образования осадка взвешенных и органических веществ: а) рост мутности циркулирующей воды в зависимости от кратности концентрирования по объему; б) рост цветности циркулирующей воды в зависимости от кратности концентрирования по объему; в) зависимость количества накопленного на мембранах осадка взвешенных веществ от кратности концентрирования по объему; г) зависимости изменения скоростей образования осадков взвешенных веществ от кратности концентрирования по объему.

Однако накопление осадка в мембранных модулях вызывает резкое увеличение их сопротивления (рис.7).

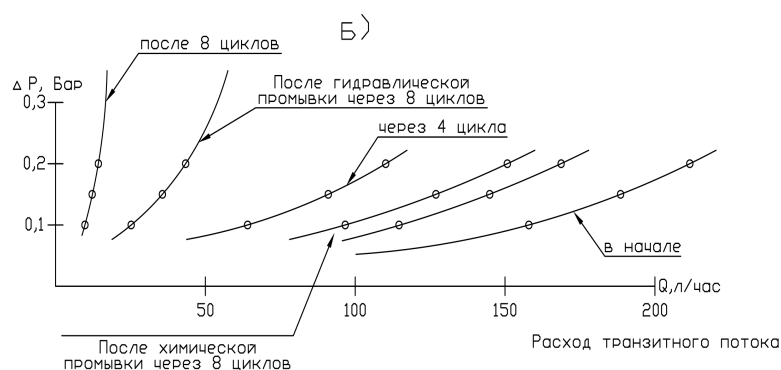
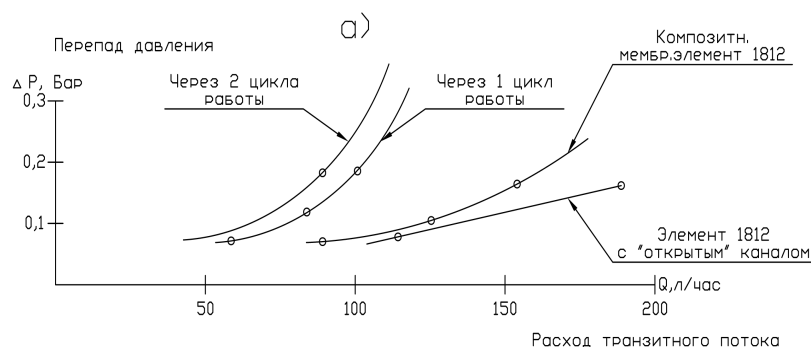


Рис. 7. Прирост потерь напора в рулонном элементе в процессе эксплуатации: а) сравнительные характеристики аппаратов «стандартной» и новой конструкции: зависимости напора от расхода транзитного потока; б) рост потерь напора в зависимости от количества пропущенной воды, при работе стандартного элемента 1812 с композитными мембранами.

Поэтому использование аппаратов с "открытым" каналом увеличивает надежность и срок службы мембран. При определении эффективности очистки воды от растворенных органических веществ различной природы используется метод получения спектра молекулярно-массового распределения (рис.8).

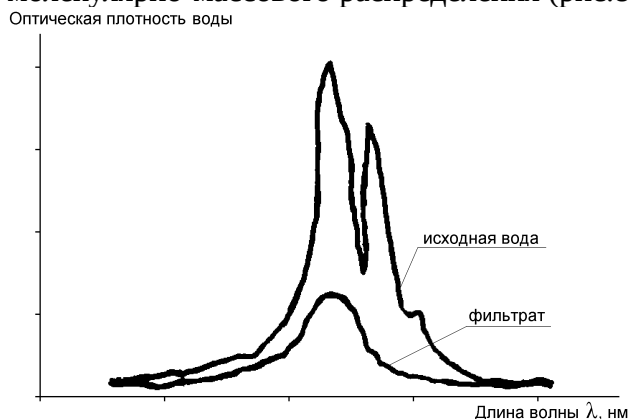


Рис. 8. Спектр молекулярно-массового распределения органических веществ в речной воде и фильтрате речной воды, полученном на нанофильтрационных мембранах марки NTR-7410 (Nitto-Denko)

В настоящей работе молекулярно-массовое распределение и эффективность очистки от органических веществ (цветности) косвенно оценивались по результатам ИК-спектроскопии (рис.9).

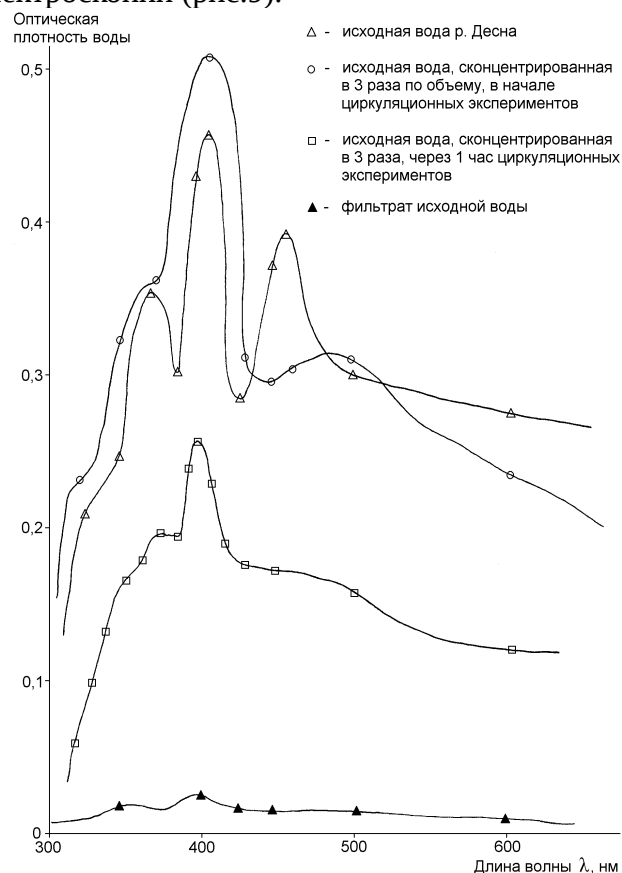


Рис. 9. Сравнение оптических спектров воды в процессе циркуляционных экспериментов на речной воде с нанопольтрационными мембранами.

Внешний вид системы обработки поверхностной воды показан на рис.2. Исходная речная вода поступает в приемный бак, откуда насосом подается в мембранные аппараты, где поддерживается высокая скорость потока. При этом часть потока возвращается во всасывающую линию насоса, а часть концентрата 12-15% идет на сброс. Выход фильтрата составляет 85-87%. Гидравлические промывки проводятся путем открывания магнитного клапана, установленного на выходе из каждого аппарата, при этом отложения "срываются" с поверхности мембран потоком воды. Промывная вода собирается в бак-отстойник. Примечательно, что вынесенный осадок взвешенных веществ сорбирует органические вещества, образующие цветность. Промывная вода хорошо отстаивается, и в течение 1 - 3 часов в баке образуется уплотненный осадок.

Разработанная технология позволяет создать систему обработки поверхностных вод с цветностью до 150 град и содержанием взвешенных веществ до 40-50 мг/л. При этом расходы электроэнергии не превышают 0,5 кВт/м³. Благодаря компактности и простоте, возможности автоматизированной непрерывной работы и отсутствию постоянного дозирования реагентов, такие системы имеют перспективы при водоснабжении вахтовых поселков в удаленных районах, при развертывании водоснабжения в районах чрезвычайных ситуаций и т.д.

Кроме того, реальная опасность загрязнения поверхностных источников пестицидами, нефтепродуктами, хлорорганическими соединениями с одной стороны, и резкое повышение содержания органических веществ в период паводков с другой стороны, а также низкая стоимость описанных установок, простота их изготовления и наращивания мощностей,

позволяет всерьез рассматривать эту технологию для создания вспомогательных и дополнительных мощностей на крупных городских станциях очистки воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pervov A.G., Melnikov A.G. The determination of required foulant removal degree in RO feed pretreatment. Proc. IDA conf. on Des. and Water reuse-Washington 1991, 25-29 August
2. Riddle Richard. An open channel UF for RO pretreatment. Там же.
3. PCI Membranes/ www.pcimem.com.
4. Futselaar et al. Direct capillary nanofiltration for surface water. Desalination 2003. v.157.
5. А.Г. Первов, А.П. Андрианов, Ю.В. Козлова, Н.Б. Мотовилова. Новые технологии обработки поверхностных вод с применением нанофильтрации, ВСТ, 2007 №5, 9-13

О ПРАКТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНГИБИТОРА ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ АМИНАТА – К

М.С. Краснов, В.В.Быков, А.В. Аникеев, фирма «Экодар», Москва.

Начиная с 2000 года фирма «Экодар» занимается проектированием, монтажом и сервисным обслуживанием собственных промышленных установок обратного осмоса и нанофильтрации производительностью от 0,15 до 100 м³/ч. Производство установок до 1 м³/ч поставлено на поток. Производились работы по сервису систем, установленных сторонними организациями. Это позволяет поделиться некоторым опытом в области использования ингибиторов осадкообразования при обратном осмосе.

При обратноосмотическом обессоливании исходная вода разделяется на обессоленный поток (пермеат) и концентрат, при этом в слое воды непосредственно около поверхности мембраны (так называемом "граничном" слое) в несколько раз увеличивается концентрация ионов и растворенных неионизованных соединений. При наличии в исходной воде солей малорастворимых соединений (например, карбонатов и сульфатов кальция) возникает ситуация, когда концентрация данных веществ в граничном слое превышает пределы растворимости, и на поверхности мембранных элементов начинает формироваться осадок, приводящий к полному блокированию работы элемента — происходит так называемое "кальцинирование" мембран.

Для предотвращения данного процесса в исходную воду до подачи на обратноосмотическое обессоливание искусственно вводят реагенты, которые снижают осадкообразование. В качестве таких реагентов могут быть использованы сильные кислоты (серная или соляная), поскольку при низком значении водородного показателя воды равновесный состав начинает смещаться в сторону образования гидрокарбонатов, или органические кислоты, например, лимонная. Однако, подкисление не оказывает влияния на вероятность образования сульфатов кальция, кроме того, при слишком низком уровне водородного показателя возникает опасность кислотного разрушения мембран.

Наиболее универсальным методом реагентной подготовки является ингибирование. При данном методе обработки в исходную воду дозируют раствор органических солей специального состава, связывающих ионы кальция в органические соединения. В литературе описан способ ингибирования при помощи Трилона-Б (натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты), но в современной практике обратного осмоса практически повсеместно используется в качестве ингибитора натриевые соли фосфоновых кислот.

Ингибиторы осадкообразования для обратноосмотических и нанофильтрационных систем выпускаются предприятиями, которые наряду с этими препаратами специализируются на выпуске других реагентов, используемых для снижения осадкообразования на трубах, котлах, ионообменных смолах, или растворения этих осадков.

Наибольшее распространение получили «Перматриты» фирмы «Налко», препараты «Попур При» фирмы «Торей», а в нашей стране - «Аминаты» фирмы «Траверс», в меньшей степени АКВА-ИС-1 фирмы «Аква-Кемикал».

Ингибиторы осадкообразования для обратного осмоса фирмы «Налко», область применения, ингибируемые вещества и максимально возможная их концентрация представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Продукт	Область применения	Ингибируемое вещество	Максимальная концентрация ингибируемого вещества, мг/л
PermaTreat 191	Высокая универсальность	Железо, карбонат кальция, сульфат кальция, кремневка, сульфат бария	1.2 мг/л LSI<2.6 Ipb:Ksp<3.0 165 мг/л в концентрате при pH 7.5, 25°C, Ipb:Ksp<50
PermaTreat 471	для морской воды + дисперсант	Карбонат кальция	
PermaTreat 391	для малых установок (< 5 м³/час)	Карбонат кальция, сульфат кальция, сульфат бария	LSI<2.0 Ipb:Ksp<3.0 .
PermaTreat 510		Кремневка, карбонат кальция, сульфат кальция	165-230 мг/л в концентрате при pH 7.5, 25°C
PermaTreat 289	Воды с высоким pH и LSI	Карбонат кальция при высоких pH	Для достижения в концентрате pH<7.9 и LSI<2.2
PermaTreat 307	для флокуляции на поверхностной воде	высокомолекулярный катионный флокулянт	
PermaTreat 900	ингибитор коррозии для водопроводной воды		

Выпускают свои препараты для ингибирования осадкообразования фирма «Jurbi» под торговой маркой «Jurbi Soft», фирма «Ashland» под торговой маркой «Ameroyal» (таблица 2)

Таблица 2

AMEROYAL 363	Антискалянт, для регулирования образования отложений осадков в системах обратного осмоса.
AMEROYAL C238	Очиститель, для удаления железосодержащих отложений с поверхностей мембран.
AMEROYAL RCR	Реагент для удаления остаточного хлора из питательной воды, преимущественно в разделительных системах обратного осмоса.
AMEROYAL C800	Очиститель, для удаления оксидов металлов, минеральных и органических отложений со всех типов мембран. Рекомендуются как профилактический очиститель.

Ингибиторы осадкообразования для обратного осмоса фирмы «Торей», область применения, ингибируемые вещества и качество воды представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Ratings chart is based on equal concentration of antiscalant in RO brine

	NSF		kiwa		NSF			
ROPUR antiscalants	RPI 2000	RPI 2800	RPI 3000A	RPI 4000A	RPI 4500A	RPI 4900	RPI 5000A	RPI 6000
Feedwater source	BW/SW	SW	BW/SW	BW	BW	BW/SW	BW	BW
CaCO ₃	***	**	***	***	**	***	*	**
CaSO ₄	**	*	***	***	*	***	⊙	***
BaSO ₄ / SrSO ₄	*	⊙	***	***	*	**	⊙	**
SiO ₂	○	○	○	•	*	⊙	***	•
CaF ₂	⊙	○	*	*	⊙	**	○	*
Fouling Inhibition	*	**	*	•	•	○	*	•

*** Excellent ** Very Good * Good ⊙ Fair ○ Limited • Not Effective
 BW = Brackish water SW = Sea water
 Highly effective on poorly soluble Silica (MgSiO₂), resulting in concentrate saturation of up to 250 mg/l.
 RPI-6000 only available on special request

Несмотря на высокие показатели качества, если это не оговорено потребителем, предпочтительным является использование ингибиторов отечественного производства ввиду их гораздо меньшей стоимости. Это сильно отражается на затратах при эксплуатации обратноосмотических установок. .

Фирма «Траверс» выпускает ингибиторы осадкообразования для обратного осмоса двух типов: Аминат К и Аминат ОД-1.

Аминат К представляет смесь натриевых солей гидроксипропилендифосфоновой кислоты. Применяется на обратноосмотических установках для ингибирования осадкообразования из вод с широким диапазоном общей жесткости, в том числе и без предварительного умягчения. Эффективная доза реагента составляет, как правило, не более 10 мл на 1 м³/ч.

Аминат ОД-1 представляет раствор натриевой соли метилиминодиметилфосфоновой и нитрилтриметилфосфоновой кислот. Применяется на обратноосмотических установках для ингибирования осадкообразования из умягченных вод. Эффективная доза реагента составляет, как правило, не более 2 мл на 1 м³/ч.

Наибольшее распространение в практике обратного осмоса и нанофильтрации получил ингибитор Аминат К.

Необходимо отметить, что метод защиты мембран от отложений с помощью введения ингибиторов имеет свои пределы применения, особенно для установок обратного осмоса. В комплексе эти ограничения обусловлены составом исходной воды, а именно — уровнем водородного показателя, содержанием сульфатов, общей жесткостью и общей щелочностью.

Согласно данным, предоставляемым производителями мембранных элементов, при увеличении общей жесткости свыше 5 – 6 мг-экв/л, высокой щелочности и сульфатов и при увеличении водородного показателя выше 8,5 ингибирование исходной воды становится недостаточным, поэтому необходимо умягчать часть исходной воды, использовать подкисление.

В последнее время начинает получать распространение технология двуступенчатой мембранной обработки, при которой вода подается вначале на установку нанофильтрации, а далее на установку обратного осмоса.

Расчет количества ингибитора может быть проведен по компьютерным программам. Одна из них помещена на сайте компании «Ватерлаб». (www.waterlab.ru). Похвально, что наша российская фирма разработала программу для определения количества ингибитора, привязала этот расчет к Аминату-К. Однако попытка введения различных данных в эту программу (как при изменении результатов вводимых анализов, так и при изменении самого мембранного процесса – обратный осмос, нанофильтрация) приводила к одному и тому же результату – то, что необходимо вводить 10 мг/л Амината-К.

PS. На конференции участникам была выдана новая программа, которая вроде бы была лишена этого недостатка, однако после установки выяснилось, что ничего не изменилось.

В этом отношении в гораздо лучшую сторону отличается программа «PermaCare» фирмы «Налко», выпускающей ингибиторы под маркой «Перматриты». Поскольку перматриты стоят значительно дороже амината, была проведена адаптация этой программы под Аминат-К.

Опытным путем, на ряде объектов было определено, на основании сравнения данных о падении производительности (или росте давления), что по сравнению с перматритом-191 амината-К требуется на 30 - 50 % больше.

В одной из статей "НПФ Траверс" была дана рекомендуемая дозировка ингибитора осадкообразования "Аминат ОД" и ("Амиинат ОД-1") (мг/л) от жесткости воды и содержания Железа.

ОЖ, мг-экв/л	Содержание железа, мг/л		
	До 0.1	0.1-0.2	0.2-0.3
До 2	0,5 (2.25)	1 (4.5)	2 (9)
2-4	1 (4.5)	2 (9)	4 (18)
4-6	2 (9)	4 (18)	6 (27)
6-8	4 (18)	6 (27)	7 (32)
8-10	6 (27)	7 (32)	8 (38)

Предлагаем "НПФ Траверс" своих постоянных потребителей снабжать подобной таблицей для Амината-К. Она значительно упростила бы положение тех, кто занимается монтажом и пуско-наладкой обратноосмотических систем.

В отличие от ряда фирм, которые стараются сэкономить на стоимости установок, фирма «Экодар» старается полностью укомплектовать обратноосмотические установки необходимым дополнительным оборудованием, то есть, если используется не полностью умягченная вода – блоком дозирования ингибитора, а установки, работающие на промышленных предприятиях – блоками химической промывки мембран.

В таблице 4 приведены технические и эксплуатационные характеристики несколько реальных объектов, а именно:

завода по производству соков «Мултон» (Щелково) - две обратноосмотические установки с производительностью по 50 м³/ч, работающие параллельно;

пивзавода «Северная звезда» (г.Корсаков, Сахалин) - обратноосмотическая установка с производительностью 8 м³/ч;

винзавода «Северные вина» (г.Коряжма, Архангельская обл.) - обратноосмотическая установка с производительностью 0,8 м³/ч;

завода «Гормаш» (г.Медногорск, Оренбургская обл.).

Таблица 4

Показатели	«Мултон»	«Северная звезда»	«Северные вина»	«Гормаш», Медногорск
Солесодержание (сухой остаток), мг/л	550	295	358	2610
pH	7,6	7,2	9,26	7,0
Жесткость исходная, мг-экв/л	7,3	1,45	0,12	18,3
Производительность, м ³ /ч	100	8	0,8	2,5
Дозирование, Аминат-К, мг/л	6	4	нет	10
Частота химических промывок	1 раз в 6 месяцев	1 раз в 6 месяцев	1 раз в 6 месяцев	1 раз в 3 месяца
Срок эксплуатации мембран, лет	4	2	2	2
Предварительное умягчение	Есть, до 4 мг-экв/л	нет	нет	нет
Особенности	Осмоз ещё дает пр-ть	Замена мембран по биообрастанию	Подкисление HCl	Сульфаты 563 мг/л

Обратноосмотические установки на этих объектах работают в различных условиях. На «Мултоне» - с предварительным умягчением и дозированием ингибитора «Аминат-К», на заводе «Северная звезда» - без предварительного умягчения, на заводе «Северные вина» - без дозирования ингибитора с подкислением, на «Гормаше» - при высокой исходной жесткости и солесодержании, но относительно невысоком содержании сульфатов. Подбор обратноосмотических установок был осуществлен по расчетной программе “IMSdesign” фирмы “Hidranautics”. Расчет количества ингибитора сделан по программе ‘PermaCare’ фирмы «Налко». По программе был предложен ингибитор «PermaTreat 191», который с 30%-ным запасом был заменен на «Аминат-К». Во всех системах были смонтированы установки по защите мембран от железа, повышенного содержания мутности, цветности. Как видно из таблицы, введение ингибитора «Аминат-К» обеспечило длительную работу обратноосмотических установок.

Хотелось бы отметить, что в последнее время в России появляется всё больше обратноосмотических и нанофильтрационных установок отечественного производства, собранных в основном из импортных комплектующих на месте установки или на производственных площадях фирм. В отличие от фирм-однодневок, практически все серьезные фирмы оснащают свои установки блоками дозирования ингибиторов. Очень часто для работы этих установок используются отечественные химические препараты, в частности, выпускаемые "НПФ Траверс".

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА УСТАРЕВШЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДОЧИСТКИ ХВО

М.А. Градусова,, И.С. Балаев,, О.Б. Яковенко, ООО «ФинИнвестКом», г. Москва

Наибольшей проблемой при эксплуатации химводоочисток (ХВО) ТЭС является установка предварительной очистки поверхностных вод, состоящая из осветлителей типа ВТИ или ЦНИИ МПС и осветлительных (механических) фильтров типа ФОВ.

Осветлители со взвешенным слоем характеризуются нестабильной работой (периодический вынос шлама) даже при наличии автоматизации узла дозирования реагентов (известь, коагулянт).

Серийные механические фильтры при использовании современных фильтрующих материалов (гидроантрацит, импортные кварцевые пески) с высотой однослойной загрузки 900-1000мм имеют низкую грязеемкость и не всегда обеспечивают требуемое качество осветленной воды перед последующим ионитным обессоливанием или умягчением (железо и алюминий менее 100 мкг/дм³, взвешенные вещества менее 2 мг/ дм³).

В качестве альтернативы существующей предочистки поверхностных вод различными организациями активно предлагается установка ультрафильтрации с использованием полволоконных мембран внутренним диаметром 0,8мм. [1]

Незначительный опыт внедрения на отечественных ТЭС установок ультрафильтрации (Заинская ГРЭС с 2005 г. и Новочеркасская ГРЭС с 2007 г.) свидетельствует о снижении по сравнению с исходной водой следующих показателей:

- окисляемость на 40-50%;
- нефтепродукты на 80%;
- окислов железа на 60-80%.

В то же время данный метод очистки поверхностной воды имеет ряд недостатков:

- высокая стоимость ультрафильтрационной установки (150-200 тыс. руб. на 1м³/ч установленной производительности);
- незначительный срок службы мембран (менее 5 лет);
- регулярная (один раз в 2-4 года) замена или ремонт запорной арматуры, электродвигателей промывных насосов и т.п. по причине интенсивных промывок мембран (1-2 промывки/час или 7000-15000 циклов/год);
- значительный расход воды на собственные нужды 15-20% (по данным Заинской ГРЭС на второй год эксплуатации).

В настоящей статье представлены результаты внедрения механических фильтров с двухслойной загрузкой с общей высотой фильтрующих материалов 2000мм.

На ТЭЦ ХВО ОАО «Аммофос», г. Череповец в эксплуатации находится ХВО производительностью 400 м³/час, работающая по схеме: «Коагуляция сульфатом алюминия в осветлителях ЦНИИ, механическая фильтрация на фильтрах ФОВ и двухступенчатое натрий-катионирование».

Исходной водой ХВО является вода реки Суда, качество которой составляет:

- общая жесткость – 2-3 мг-экв/дм³;
- общая щелочность – 3-4 мг-экв/дм³;
- хлориды – 2-3 мг /дм³;
- перманганатная окисляемость – 20-40мгО₂/ дм³;
- цветность – 150-250град;
- окислы железа 400-1000мкг/ дм³;
- алюминий – 100-300мкг/ дм³.

Учитывая высокую окисляемость и цветность в исходной воде, а также необходимость снижения щелочности, доза коагулянта составляет 2-2,5мг-экв/дм³ и соответственно качество коагулированной воды после осветлителей составляет:

- перманганатная окисляемость – 6,0-10 мгО₂/ дм³;
- окислы железа – 80-500мкг/дм³;
- алюминий – 500-1100мкг/дм³.

Существующие механические фильтры ФОВ-3,0-0,6 имеют высоту цилиндрической обечайки 1600мм и загружены гидроантрацитом с гранулометрическим составом 0,8-2,0мм на высоту 900мм. Качество осветленной воды после механических фильтров составляет:

- перманганатная окисляемость – 5-8 мгО₂/ дм³;
- окислы железа – 50-100 мкг/ дм³;
- алюминий – 100-450 мкг/ дм³.

Из вышеуказанного видно, что существующая предочистка достаточно эффективно обеспечивает снижение окисляемости и окислов железа на 70-80%.

Единственный недостаток работы предочистки является высокое содержание алюминия (100-450мкг/дм³) в осветленной воде по причине повышенной дозы коагулянта, что не соответствует требованиям [2] по ограничению концентрации алюминия менее 100мкг/дм³ в воде, поступающей на ионообменную установку.

Для решения данной проблемы было предложено два незадействованных в схеме ХВО ионитных фильтра I ступени с высотой обечайки порядка 3000мм (ФИПаI-3,4-0,6 и ФИПаI-3,0-0,6) реконструировать в механические фильтры [3].

Каждый из этих фильтров был переобязан новыми трубопроводами, установлены поворотные затворы, на входных трубопроводах установлены ультразвуковые расходомеры для контроля очищенной воды за фильтроцикл. Дренажные устройства (верхние и нижние) использованы существующие.

В первый фильтр диаметром 3,4м были загружены послойно снизу вверх следующие фильтрующие материалы:

- подстилочный слой гравия с грансоставом 2-5мм на высоту 300мм (для защиты нижнего распреустройства);
- гидроантрацит с грансоставом 0,8-2,0мм на высоту 600мм;
- сорбент АС с грансоставом 1,0-2,0мм на высоту 1100мм.

Неперемешивание фильтрующих слоев обеспечивается за счет разницы их плотностей – гидроантрацит имеет плотность 1,6 г/см³, сорбент АС – 1,3г/см³.

Во второй фильтр диаметром 3,0м были загружены послойно снизу вверх следующие материалы:

- подстилочный слой гравия с грансоставом 2-5мм на высоту 300мм (для защиты нижнего распреустройства);
- кварцевый песок с грансоставом 0,6-1,2мм на высоту 600мм;
- гидроантрацит с грансоставом 1,2-2,5мм на высоту 1200мм.

Неперемешивание фильтрующих слоев обеспечивается за счет значительной разницы их плотностей – кварцевый песок имеет плотность 2,6 г/см³, гидроантрацит – 1,6 г/см³.

Использование различных фильтрующих материалов в реконструированных механических фильтрах было продиктовано требованием руководства ОАО «Аммофос» выявить оптимальные загрузки для последующей реконструкции предочистки ХВО.

При проведении пуско-наладочных работ данных механических фильтров были достигнуты следующие показатели качества осветленной воды после каждого фильтра:

- перманганатная окисляемость – 3,5-5,0 мгО₂/ дм³;
- окислы железа – 20-70 мкг/ дм³;
- алюминий – 50-80 мкг/ дм³.

Таким образом существующая предочистка (осветлители) и модернизированные механические фильтры обеспечивают снижение окисляемости на 80-85%, окислов железа на 90-95%, алюминия на 50-70%, что обеспечивает требования [2] и намного превосходят эффект очистки по сравнению с ультрафильтрацией.

При этом скорость фильтрования составляла 10-13 м/ч, что соответствует производительности первого фильтра 90-120м/ч, а второго фильтра – 70-90м/ч. Фильтроцикл каждого фильтра составлял 8000-10000м³ и 6000-7000 м³ соответственно. Взрыхляющая промывка таким образом производилась раз в 3-4 дня. При этом перепад давления находился

в пределах 0,2-0,4кгс/см². Отключение фильтров производилось по проскоку железа и алюминия.

Учитывая, что существующие механические фильтры ФОВ-3,0-0,6 имеют производительность 55-60м³/ч и взрыхляются один раз в сутки, то модернизированный фильтр на базе ФИПаI-3,0-0,6 с двухслойной загрузкой позволяют увеличить грязеемкость в 4-5 раз.

Дополнительно были выполнены анализы по содержанию кремниевой кислоты до и после фильтра, загруженного гидроантрацитом и кварцевым песком, которые подтвердили отсутствие прироста кремнекислоты в осветленной воде.

При увеличении скорости фильтрования в форсированном режиме до 15-18м/ч, что соответствует производительности первого фильтра (диаметр 3,4м) 135-160м³/ч и 105-130м³/ч для второго фильтра (диаметр 3,0м), качество осветленной воды практически не менялось, но фильтроцикл снижался соответственно до 6500 и 5000м³ из-за проскока железа и алюминия. Перепад давления составлял 0,3-0,6 кгс/см².

Взрыхляющая промывка механических фильтров производилась в следующей последовательности:

- взрыхление воздухом в течение 5 мин;
- взрыхление водой в течение 10-15мин.

После 3-х месяцев эксплуатации на первом механическом фильтре (загрузка сорбент АС и гидроантрацит) качество осветленной воды резко ухудшилось (железо свыше 200мкг/дм³ и алюминий свыше 150мкг/дм³).

Расход воды на собственные нужды не превышал 1% от производительности механических фильтров.

При ревизии состояния фильтрующих загрузок выяснилось, что сорбент АС и гидроантрацит были перемешаны из-за незначительной разницы их плотностей (1,3г/см³ и 1,6г/см³).

После выполнения операции гидравлического разделения данных загрузок в течение 15-20мин качество осветленной воды соответствовало первоначальным показателям (железо менее 70мкг/дм³, алюминий менее 80мкг/дм³).

Для устранения возможности перемешивания слоев сорбента АС и гидроантрацита было рекомендовано взрыхляющую промывку производить только водой без использования воздушной промывки. Периодическое взрыхление воздухом целесообразно проводить раз в 3-4 месяца с последующим гидравлическим разделением.

Стоимость реконструкции двух существующих ионитных фильтров в механические на условиях «под ключ» составила порядка 4000 тыс. руб. (проект, поставка трубопроводов, арматуры, фильтрующих материалов, КИП, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы).

Учитывая, что суммарная средняя производительность двух модернизированных механических фильтров равна 200м³/час, то удельная стоимость данной реконструкции составляет 20 тыс. руб. на 1м³/ч установленной производительности, что в 10 раз меньше по сравнению с ультрафильтрацией.

На основании пуско-наладочных работ механических фильтров на базе корпусов ФИПаI с двухслойной загрузкой общей высотой порядка 2000мм можно сделать следующие выводы.

1. Внедрение осветлительных (механических) фильтров с использованием корпусов ионитных фильтров первой ступени типа ФИПаI с двухслойной загрузкой общей высотой порядка 2000мм позволяет:

- увеличить производительность фильтров до скорости фильтрования 10-13 м/ч в номинальном режиме и до 15-18 м/ч в форсированном режиме;
- улучшить качество осветленной воды и гарантировать требования [2] по ограничению примесей в осветленной воде перед ионообменной установкой даже при нестабильной работе осветлителей со взвешенным слоем (железо менее 70мкг/дм³, алюминий менее 80мкг/дм³);

– повысить грязеемкость фильтров в 4-5 раз по сравнению с существующими фильтрами ФОВ, что приводит к увеличению количества очищенной воды за фильтроцикл и соответственно снижает расход воды на собственные нужды в 4-5 раз (до 1%).

2. При проектировании новых ХВО в качестве механических фильтров целесообразно предусматривать корпуса ионитных фильтров первой ступени ФИПаI вместо фильтров ФОВ.

3. При реконструкции существующих ХВО на первом этапе необходимо внедрять противоточные технологии (в частности с использованием слоя сополимер стирола и дивинилбензола) [4,5], а впоследствии высвобождаемые ионитные фильтры модернизировать в механические с двухслойной загрузкой. При этом на фильтрах типа ФИПаI заменяются трубопроводы взрыхляющей промывки на большие диаметры, а на ионитных фильтрах типа ФИПаII дополнительно наращивается цилиндрическая обечайка до 2800-3100мм.

4. В качестве фильтрующих материалов по причине низкой стоимости и высокой эффективности целесообразно использовать кварцевый песок грансоставом 0,6-1,2мм на высоту 0,6-0,8м (нижний слой) и гидроантрацит грансоставом 1,5-2,5мм на высоту 1,0-1,2м (верхний слой). При этом обязательно предусматривать подстилочный слой гравия грансоставом 2-5мм на высоту 0,3м.

5. Учитывая высокую грязеемкость двухслойной загрузки целесообразно применять контактную коагуляцию солями алюминия на механических фильтрах вместо использования осветлителей со взвешенным слоем, что значительно упростит и удешевит предварительную стадию очистки поверхностных вод.

Список используемой литературы:

1. Внедрение мембранных технологий на стадии предочистки исходной воды. «Экология производства. Энергетика», № 3 (4), 2006г., стр. 8-9;
2. СТО ВТИ 37.002-2005 «Основные требования к применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций. Технологические рекомендации по диагностике их качества и выбору», ОАО «ВТИ», М., 2006г.
3. Заявление о выдаче патента РФ на полезную модель «Фильтр напорный осветлительный» № 010639/2007109784 от 19.03.07г.
4. Балаев И.С. «Опыт внедрения технологии противоточного натрий-катионирования при одновременной очистке от взвешенных веществ». «Энергосбережение и водоподготовка», 2004г., № 5, стр. 19-22;
5. Балаев И.С., Демина Н.С. Способ очистки воды от растворенных и нерастворенных примесей. Патент РФ № 2206520. «Бюллетень изобретений», 2003г., № 17.

КОРРЕКЦИОННЫЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ МАРКИ АМИНАТ

Интенсивное развитие производства в последнее десятилетие привело к увеличению числа новых промышленных котельных и расширению существующих на предприятиях. Кроме того, в связи с повышением стоимости теплоносителей многие предприятия, которые ранее получали пар и конденсат от городских ТЭЦ, также стали строить свои собственные котельные.

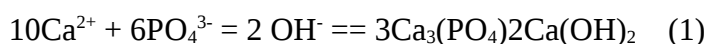
Современные котельные оснащаются как отечественными, так и импортными паровыми котлами, при этом доля последних постоянно растет. Внедрение импортного оборудования потребовало и внедрения технологий, обеспечивающих надежную их эксплуатацию. В первую очередь к таким технологиям относится использование готовых реагентов для поддержания коррекционных водно-химических режимов теплообменного оборудования.

До недавнего времени чаще использовались именно импортные реагенты, которые поставлялись известными зарубежными компаниями, такими как NALCO, GENERAL ELECTRIC, ASHLAND, JURBY. Реагенты, поставляемые этими фирмами, эффективны, однако характеризуются высокой стоимостью, что является серьезным ограничением в их применении.

В связи с этим задача производства и внедрения отечественных реагентов, которые бы не уступали по эффективности и выигрывали бы в цене по сравнению с импортными реагентами, является актуальной. Научно-производственная фирма «Траверс» известна на российском рынке химической продукции уже около 15 лет. Новым направлением деятельности фирмы стало разработка и внедрение реагентов, выпускаемых под торговой маркой АМИНАТ, для теплоэнергетики.

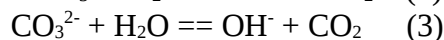
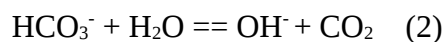
При разработке состава реагентов специалисты ООО «НПФ Траверс» использовали огромный накопленный опыт «большой энергетики». Так для барабанных паровых котлов низкого и среднего давления были разработаны реагенты АМИНАТЫ КО-3 и КО-4 для предотвращения накипеобразования на теплообменных поверхностях. Основу обоих реагентов составляют натриевые соли фосфорной кислоты. При дозировании данных реагентов протекают аналогичные процессы, как и при коррекционной обработке котловой воды методом фосфатирования.

В присутствии фосфатов создаются условия, при которых кальций образует твердую фазу не на поверхности нагрева, а в объеме котловой воды согласно реакции:



Образующийся гидроксилапатит обладает свойством неприкипающего шлама и легко удаляется с продувкой котла. Традиционно для фосфатирования воды используется тринатрийфосфат, который и является основным компонентом реагента АМИНАТа КО-4.

Из реакции (1) видно, что для образования гидроксилапатита необходимо, чтобы в воде были не только фосфат - ионы, но и гидроксил - ионы. Присутствие гидратов обуславливается в основном гидролизом карбонат- и бикарбонат-ионов в котловой воде:



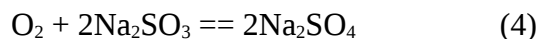
Чем больше концентрация карбонатов и бикарбонатов в питательной воде, тем в большей степени котловая вода обогащается гидратами. Увеличение же концентрации свободного едкого натра в котловой воде создает опасность возникновения щелочной коррозии металла. Кроме того, высокая гидратная щелочность ухудшает качество пара из-за вспенивания котловой воды и повышения влажности пара за счет капельного уноса.

Для нейтрализации гидратов в котловой воде применяют кислые фосфаты (динатрийфосфат, гексаметафосфат и триполифосфат натрия), которые обеспечивают частичную или полную нейтрализацию гидратов. Именно для вод с высокой щелочностью питательной воды и разработан реагент АМИНАТ КО-3 на основе кислых фосфатов. Данный

реагент комплексный и помимо предотвращения накипеобразования и корректировки pH котловой воды, он также удаляет остаточный кислород в питательной воде. Доля восстановителя в АМИНАТе КО-3 незначительна и позволяет удалить 100-150 мкг/л кислорода из воды.

При дозировании АМИНАТа КО-3 и КО-4 необходимо поддерживать избыток свободных фосфат – ионов, который должен быть в пределах 5-15 мг/л. Ввод реагентов может осуществляться либо индивидуально в барабан котла, либо в трубопровод питательной воды на всас питательных насосов. Дозирование фосфатных реагентов должно быть пропорционально либо паропроизводительности котла, либо расходу питательной воды (как показано на рисунке 1). По сигналу импульсного водосчетчика, установленного на трубопроводе питательной воды насос – дозатор подает рабочий раствор реагентов пропорционально изменяющемуся расходу питательной воды. Реагенты АМИНАТЫ КО-3 и КО-4 дозируются в разбавленном виде.

Для предотвращения углекислотной и кислородной коррозии котлов в схемах подготовки питательной воды паровых котлов обязательно предусматриваются термические деаэраторы, которые эффективно удаляют растворенный кислород и углекислоту из воды. В случае, если деаэратор не обеспечивает снижение содержания кислорода до нормативных значений, необходимо предусмотреть химическое удаление остаточного кислорода. Для химического обескислороживания разработан реагент АМИНАТ КО-2 на основе бисульфита натрия катализированного солями кобальта. Связывание растворенного кислорода сульфитом натрия протекает по реакции:



Оптимальная температура использования АМИНАТа КО-2 - 70-80°C, при этом время взаимодействия составляет менее минуты. Реагент также вводится в питательную воду после деаэратора насосом – дозатором пропорционально расходу питательной воды (рис.1).

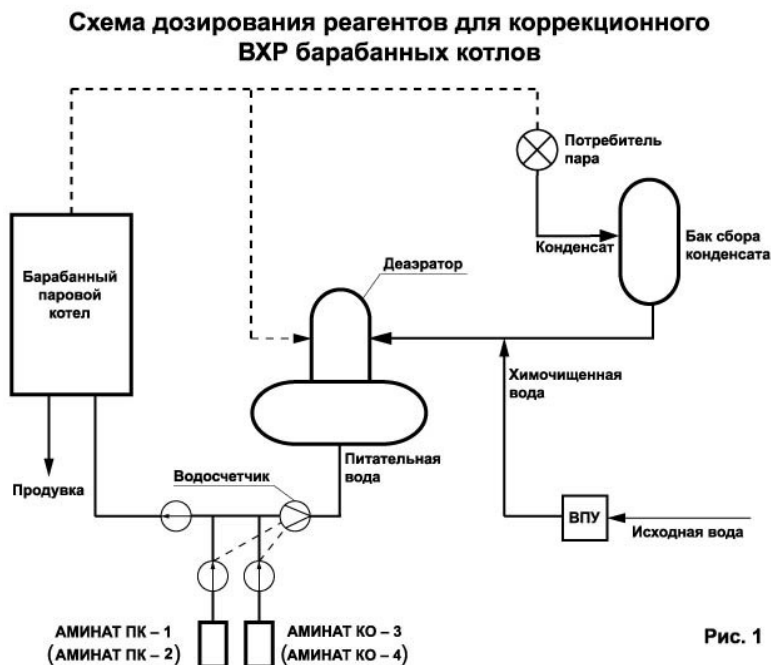


Рис. 1

Однако иногда предприятия либо «экономят» на установке деаэратора, либо ограничены в возможностях установки дополнительного оборудования. В схеме подготовки питательной воды в этом случае предусматривается питательный бак, в который поступает вода после водоподготовительной установки (ВПУ) и конденсат пара, если это предусмотрено по тепловой схеме котла. АМИНАТ КО-2 (как и фосфаты) должен вводиться в

трубопровод питательной воды после питательного бака (см. рис.2), при этом доза реагента будет естественно выше в отсутствии деаэрации воды. Поэтому при большой величине подпитке котлов (более 10 - 15 т/час) и незначительной доле возврата конденсата внедрение химического обескислороживания может быть экономически нецелесообразно.

Схема дозирования реагентов для коррекционного ВХР барабанных котлов без деаэратора

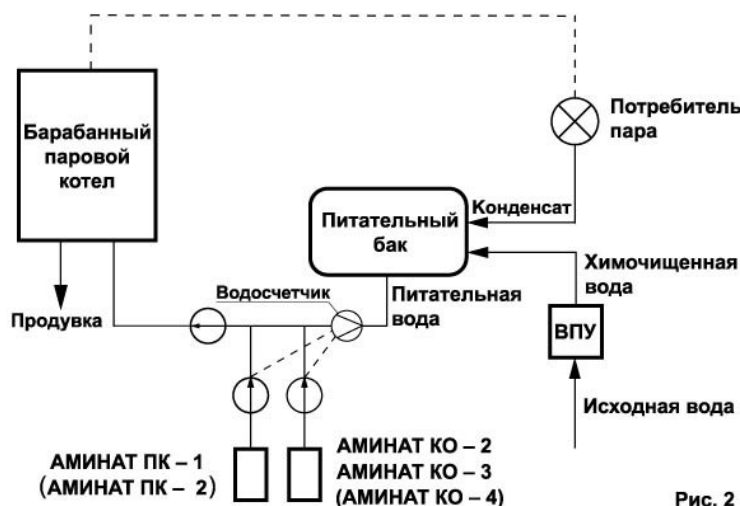
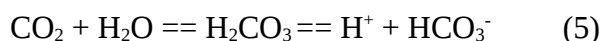


Рис. 2

Метод сульфитирования (дозирование АМИНАТа КО-2) не применяют в котлах высоких параметров, т.к. при температурах выше 250⁰С сульфиты разлагаются с образованием сернистого ангидрида SO₂. Содержание сульфита натрия в питательной воде не должно превышать в питательной воде 2 мг/л, а в котловой воде -20-40 мг/л.

Серьезной проблемой при эксплуатации паровых котлов, особенно низкого и среднего давления, является коррозия паро - конденсатного тракта. Свободная углекислота, образующаяся в результате реакций (1) и (2), вместе с паром удаляется из котла. Растворенная в конденсате CO₂ приводит к снижению pH конденсата в результате реакции :



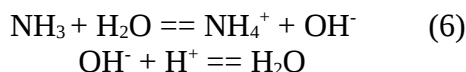
Снижение pH до 5,5-6,6 создает условия, благоприятные для протекания коррозии углеродистой стали с водородной деполяризацией. Коррозия оборудования вызывает не только повреждение оборудования, но и обогащает питательную воду продуктами коррозии. С увеличением их выноса в котел усиливаются процессы подшламовой коррозии и железоокисного накипеобразования.

Поскольку источником углекислотной коррозии являются карбонат- и бикарбонат-ионы питательной воды, снижение скорости коррозии будет происходить при уменьшении щелочности питательной воды. В первую очередь это можно осуществить за счет применения в схемах ВПУ помимо распространенного метода натрий- катионирования методов ионного обмена, позволяющих не только умягчать воду, но также и снижать щелочность. К таким методам относится Cl - ионирование, H - катионирование с «голодной регенерацией», H -катионирование с использованием слабокислотного катионита и т.п. Широко внедряемые в последнее время установки обратного осмоса позволяют значительно снизить соледержание и щелочность питательной воды.

Увеличение доли возвращаемого конденсата снижает щелочность питательной воды, но может привести, как указывалось выше, к ухудшению работы паровых котлов если не предусмотрена коррекционная обработка питательной воды.

Условия замедления или полного предотвращения скорости коррозии паро-конденсатного тракта обеспечиваются при повышении pH конденсата до значения 8,5-9,5.

В отечественной теплоэнергетике для предотвращения коррозии паро - конденсатного тракта паровых котлов применяют метод аминирования. Сущность метода состоит в том, что аммиак и уголекислота переходят из воды в пар и вместе удаляются из котла, не накапливаясь в котловой воде. При конденсации пара в результате диссоциации аммиака в жидкой фазе образуются гидроксил – ионы, которые нейтрализуют ионы водорода:



Аммиак обладает высокой нейтрализующей способностью и летучестью. Однако высокая летучесть играет и отрицательную роль, требуя дозирования избытка аммиака для повышения pH на последних участках паро - конденсатного тракта. К недостаткам применения аммиака относится также усиление коррозии медьсодержащих сплавов. В связи с этим концентрация NH_3 в питательной воде котлов не должна превышать 1000 мкг/л. Однако для котлов низкого и среднего давления, для которых вода чаще обрабатывается по упрощенной схеме методом натрий - катионирования, такая концентрация аммиака будет неэффективна.

Нейтрализующие летучие амины имеют ряд преимуществ по сравнению с аммиаком. Наряду с хорошей летучестью при выходе с паром из котла, они также хорошо переходят в жидкую фазу при конденсации, поэтому не требуют дозирования с избытком и потери их по тракту незначительны. Многие летучие амины обладают не меньшей нейтрализующей способностью, чем аммиак, но в отличие от аммиака они не вызывают существенной коррозии медьсодержащих сплавов.

Учитывая вышеизложенное, состав АМИНАТов марки ПК для защиты паро - конденсатного тракта от уголекислотной коррозии разрабатывался как комбинация не менее чем трех аминов, позволяющих получить реагент с высокой нейтрализующей способностью.

Реагенты марки ПК разработаны для широкого диапазона рабочих параметров паровых котлов. Так для котлов низкого и среднего давления эффективно работает АМИНАТ ПК-1, имеющий разрешение для применения в пищевой промышленности. Реагент АМИНАТ ПК-2 рекомендуется для котлов среднего и высокого давлений.

Ввод реагентов АМИНАТов марки ПК должен производиться в питательную воду котлов. Контроль дозирования летучих аминов проводится, как правило, по величине pH конденсата. Технологи ООО «НПФ Траверс» была разработана авторская методика по определению содержания аминов в конденсате.

Результаты внедрения реагентов АМИНАТов ПК-1 и ПК-2 на предприятиях ЗАО «Завод ЭИМ Элинар», филиалах пивоваренной компании «Балтика» («Балтика - С. Петербург» и «Балтика-Тула»), ОАО «Рязанский НПК» показали, что отечественные реагенты не только не уступают зарубежным аналогам, но в некоторых случаях обладают большей эффективностью.

В настоящее время в промышленных котельных стали вводятся в эксплуатацию прямоточные котлы низкого и среднего давления. В прямоточных котлах кипение происходит в трубах, поэтому отложения могут образовываться на наиболее теплонапряженных участках поверхностей. В связи с этим предъявляются достаточно жесткие требования к качеству питательной воды. Роль коррекционной обработки в этих условиях имеет особое значение.

Для обеспечения безнакипной работы прямоточных котлов специалистами ООО «НПФ Траверс» разработан реагент АМИНАТ КО-ЗП. Реагент представляет собой щелочной раствор солей карбоновых кислот, которые образуют с катионами жесткости и железа водорастворимые комплексы. В ходе дозирования АМИНАТа КО-ЗП предотвращается коррозия теплопередающих поверхностей за счет образования плотной защитной пленки. АМИНАТ КО-ЗП рекомендуется применять для всех диапазонов рабочих параметров котлов.

Ввод АМИНАТа КО-ЗП может осуществляться в любую точку питательного тракта. Контроль дозирования осуществляется поддержанием избытка реагента.

Необходимо отметить, что АМИНАТ КО-ЗП может использоваться и для барабанных паровых котлов, особенно в тех случаях, когда пар используется непосредственно в технологическом процессе (хлебопекарное производство, предприятия молочной промышленности и т.п.). Применение нейтрализующих аминов для предотвращения коррозии паро-конденсатного тракта в этом случае невозможно. Применение же АМИНАТа КО-ЗП позволит ограничить вынос продуктов коррозии в котел.

В заключении хотелось бы отметить, что специалисты ООО «НПФ Траверс» осуществляют как консультативную поддержку, так и работают на договорных условиях при внедрении реагентов марки АМИНАТ на производственных объектах.

Литература

1. Правила эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Омега –Л, 2004.
2. П.А.Акользин. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1982.
3. Н.А. Мещерский. Эксплуатация водо - подготовительных установок электростанций высокого давления.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ ПАРОКОНДЕНСАТНЫХ ТРАКТОВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОАО «ПИВОВАРЕННАЯ КОМПАНИЯ «БАЛТИКА» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Г.ТУЛА)

Г.В. Черкаев, ООО «Интрэй Северо-Запад», г. Санкт-Петербург

Пивоваренный завод "Балтика" был построен по проекту института "Гипропищепром-2" как один из пивных заводов Ленинградского производственного объединения пивоваренной и безалкогольной промышленности "Ленпиво".



Строительство нового завода началось в 1978 году. Государственное предприятие "Пивоваренный завод "Балтика" было образовано в 1990 году сразу после завершения строительства.

30 ноября 2000 года состоялось открытие крупнейшего в России "Солодовенного завода Суффле-Санкт-Петербург". Завод построен ОАО "Пивоваренная компания "Балтика" совместно с французской фирмой "Groupe Soufflet". Производственная мощность "Солодовенного завода Суффле-Санкт-Петербург" составляет 105 тысяч тонн солода в год.

В октябре 2000 года компания "Балтика" установила контроль над заводом "Тульское пиво". В тот же момент профильные департаменты компании "Балтика" разработали инвестиционную программу, нацеленную на увеличение мощностей приобретённых заводов и замену устаревшего оборудования.

На ТЭС в Санкт-Петербурге установлены паровые котлы компании LOOS International и один котел-утилизатор компании OMNIKAL.

На ТЭС в Туле установлены 7 паровых котлов, 3 из которых - ДКВР 10/13.

Для контроля процессов коррозии и накипеобразования в котлах применялся зарубежный реагент Jurby Soft 12, а для предотвращения углекислотной коррозии пароконденсатных трактов использовались реагент Jurby Soft 36.

В связи с проводимой экономической политикой компании, направленной на снижение финансовых затрат на водоподготовку в ноябре 2005 года между компаниями ООО «НПФ Траверс», ООО «Акварелиф» и ОАО «ПК «Балтика» было принято соглашение о проведении «пилотных» испытаний реагентов марки Аминат на двух заводах компании (в г. Санкт-Петербург и г. Туле).

Первые испытания проводились в Санкт-Петербурге в декабре 2005 г.

Была разработана Программа на общую продолжительность испытаний реагентов Аминат КО-3 и Аминат ПК-1 равную 14 календарным дням. В ходе реализации Программы проводились следующие мероприятия:

1. Проведение контрольных определений показателей качества питательной, котловой воды и конденсата в условиях дозирования реагента JurbySoft 12, 36.

2. Дозирование реагентов Аминат КО-3 и Аминат ПК-1 в условиях постепенной замены реагентов JurbySoft 12 и 36 и вытеснения их из тракта паровых котлов. Расход реагентов Аминат КО-3 и Аминат ПК-1 устанавливался равным расходу JurbySoft 12 и 36. Задача осложнялась неравномерным потреблением питательной воды из-за постоянно меняющихся производственных потребностей завода.

3. Проведение контрольных замеров значений pH в питательной, котловой воде и конденсате на этапе смены реагентов.

4. Контрольное определение показателей качества воды и конденсата при дозировании Аминатов. Корректировка дозы реагента и его расхода в случае значительных отклонений значений pH воды и конденсата от выбранных пределов.

5. Проведение контрольных замеров значений pH в питательной, котловой воде и конденсате на этапе смены реагентов.

6. Контрольное определение показателей качества воды и конденсата при дозировании Аминатов. Обсуждение результатов испытаний для составления Заключения.

Оценкой результатов испытаний по возможности замены реагентов JurbySoft 12 и 36 и применении реагентов Аминат КО-3 и Аминат ПК-1 являлось поддержание требуемых значений pH конденсата в пределах $9,0 \pm 0,5$. При этом показатели качества конденсата пара,

питательной и котловой воды котельной ОАО ПК «Балтика-СПб» должны были находиться в пределах нормируемых значений.

Проверка анализов воды контролировалась независимой организацией.

Согласно разработанной Программе перед началом проведения испытаний были выполнены контрольные определения показателей качества питательной, котловой воды и конденсата в условиях дозирования реагентов JurbySoft 12, 36. Основными особенностями отобранных проб стали «кислый» пар (рН в районе 6,5) и недостаток сульфитов в котловой воде (на уровне 1 мг/дм³). На второй день испытаний уровень рН пара вырос до 7,5, на третий – до 9,5. За время дальнейших испытаний уровень рН пара больше не падал и держался в районе 9,5 – 9,7.

Кроме того наблюдалось повышение уровня сульфитов в котловой воде с 1 мг/дм³ до 6-7 мг/дм³.

На протяжении всего срока испытаний наблюдался нулевой уровень свободной углекислоты в паре и питательной воде.

К концу испытаний наблюдалось пониженное содержание железа в конденсате. Перед началом испытаний его уровень был 100 – 250 мкг/ дм³, к концу испытаний уровень железа снизился в 10 раз.

В ходе испытаний определялось содержание железа в котловой воде, величина которого не нормируется, но является косвенным показателем процесса коррозии пароконденсатного тракта. К концу испытаний уровень железа снизился в 3-4 раза, что свидетельствует о снижении коррозионного процесса по всему котловому и пароконденсатному тракту.

В начале испытаний наблюдалось увеличение уровня рН пара и конденсата и постепенное выравнивание его значений на уровне 9,5. В результате рН пара над котлами и конденсата наблюдались на одинаковом уровне, что свидетельствовало о более равномерном поглощении СО₂.

Избыток фосфатов держался стабильно на среднем уровне 5 мг/дм³.

Что касается испытаний на заводе в Туле, то испытания шли по аналогичной схеме. Различие заключалось в том, что на ТЭС вместо ранее применявшегося реагента Jurby Soft 36 начали применять реагент HydroChem 710/40.

Испытания начались в феврале 2006 года.

Расход реагента Аминат ПК-1 был установлен равным расходу HydroChem 710/40.

Испытания показали, что переход на Аминат ПК-1 не привел к изменениям показателей качества воды.

Содержания железа в конденсате колебалось в пределах 10 – 40 мкг/ дм³.

В ходе испытаний наблюдался нулевой уровень свободной углекислоты в питательной воде.

Также, как и в Санкт-Петербурге, в процессе испытаний определялось содержание железа в котловой воде. За период с 06 по 15 февраля содержание железа в воде одного из котлов снизилось на 50% (с 2,5 мг/ дм³ до 1,2 мг/ дм³).

В середине испытаний наблюдалось незначительное падение уровня рН пара цеха солодовни, что возможно связано с нарушением работы пробоотборника, так как если бы уровень рН пара над цехами уменьшилось, это бы привело к падению рН в общем коллекторе, чего, однако, не наблюдалось, так как уровень рН конденсата общего коллектора держался в пределах 9,1 – 9,2.

Избыток сульфитов в котловой воде держался стабильно на уровне 10 - 15 мг/ дм³.

По результатам испытаний были составлены Заключение об испытаниях, подписанные, с одной стороны, главными инженером, главными энергетиком и ведущим инженером-энергетиком ТЭС каждого из предприятий, а с другой стороны руководителем организации, проводившей испытания, в которых говорилось, что при переходе с применяющихся на ТЭС реагентов (JurbySoft 12 и 36 в Санкт-Петербурге, HydroChem 710/40 в Туле) на реагенты

марки Аминат наблюдалось полное соответствие требованиям картам ВХР, утвержденным на предприятиях. В 2006 году ТЭС на заводе в Санкт-Петербурге перешли на Аминаты.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ПАРОКОНДЕНСАТНОГО ТРАКТА ПАРОВЫХ КОТЛОВ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ № 12 РЯЗАНСКОЙ НПК.

О.П. Мехина, РНПК, г.Рязань

На Рязанском нефтеперерабатывающем заводе для технологических нужд используется пар, полученный в том числе от паровых котлов среднего давления котельной установки паросилового цеха.

Наши котлы – это котлы БЭМ-25/3,9-440 ГМ, работающие на жидком и газовом топливе.
Соответственно:

номинальная производительность – 25 т/час
 рабочее давление – 3,9 МПа
 температура перегретого пара – 440 °С
 водяной объём котла – 10 м³

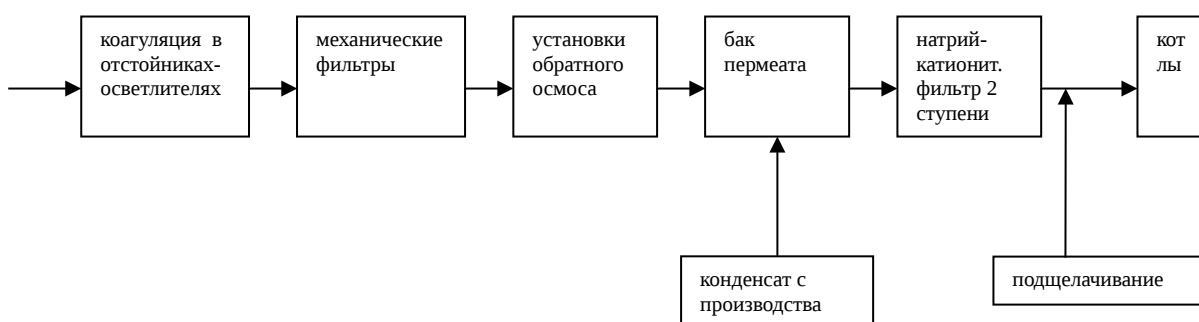
Для подпитки котлов используется питательная вода, состоящая из химически очищенной воды, получаемой на этой же установке, и конденсата с производства.

В соответствии с ГОСТ 20995-75 «Котлы паровые стационарные давлением до 4 МПа. Показатели качества питательной воды и пара», «Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», утверждённые Ростехнадзором России и данными завода изготовителя котла установлены следующие нормы качества питательной воды :

прозрачность по «шрифту», см не менее	40
общая жёсткость, мкг-экв/л	5-10
содержание соединений железа, мкг/л	50-100
содержание растворённого кислорода, мкг/л	20-30
рН	8,5-9,5
содержание нефтепродуктов, мг/л	0,5
солесодержание, мг/л	70
содержание соединений меди, мкг/л	10

Для получения воды такого качества используется ВПУ , состоящая из установки предподготовки воды «Влага», производительностью 208 м³/час, двух установок обратного осмоса, производительностью по 50 м³/час, Na-катионирования и узла подщелачивания.

РИС. 1



Для связывания остаточной жёсткости питательной воды проводится фосфатирование тринатрийфосфатом. Деаэрация питательной воды осуществляется в деаэраторах ДА-100 (2 шт.)

Проект на котельную установку был разработан «Белпищепромпроектом», в котором не учтена коррекционная обработка воды, рекомендованная Правилами технической эксплуатации эл.станций и сетей РФ для котлов среднего давления (аминирование). Поэтому при первоначальной эксплуатации у нас была проблема с рН насыщенного и перегретого пара

(рН был от 4,7 до 5,5), что привело к следующим последствиям:

- 1 вынос железа с поверхности котлов, так как регулировка температуры проводилась впрыском конденсата насыщенного пара. Впрыски постоянно забивались железом. Приходилось раз в два месяца останавливать котлы для отмывки впрысков.
- 2 Общезаводской выходной конденсат, возвращаемый на ТЭЦ, часть из которого представляет конденсат котельной установки, также не соответствовал нормам по железу.
- 3 Кислый конденсат портил картину по рН выходного конденсата и приводил к усилению коррозии заводского пароводяного тракта.

Для решения этих проблем было организовано дозирование реагента фирмы NALCO Tri-Act 1800. В состав его входят:

циклогексиламин

этаноламин

метоксипропиламин

Результат был получен – pH перегретого пара повысился до 6,5. Котлы стали работать стабильно, впрыски перестали забиваться и остановки котла прекратились. Но вторая проблема до конца не разрешилась. Доза реагента в результате испытаний была установлена - 10-12 мг/л. Дальнейшее повышение дозы эффективного результата не давало. При дозе 25 мг/л pH перегретого пара не вырастало более 7,2; а солесодержание пара повышалось до 6 мг/л. Дело в том, что часть конденсата завод возвращает по договору на Ново-Рязанскую ТЭЦ, откуда берёт большую часть пара для технологических нужд. В договоре предусмотрено, что качество возвращаемого конденсата будет соответствовать следующим нормам:

солесодержание - 4,5 мг/л

содержание железа - < 100 мкг/л

pH - 8,5-9,5

Поэтому мы имели ограничение по солесодержанию выходного конденсата, часть которого составляет пароконденсат с наших котлов, и который оказывает некоторое влияние на его качество.

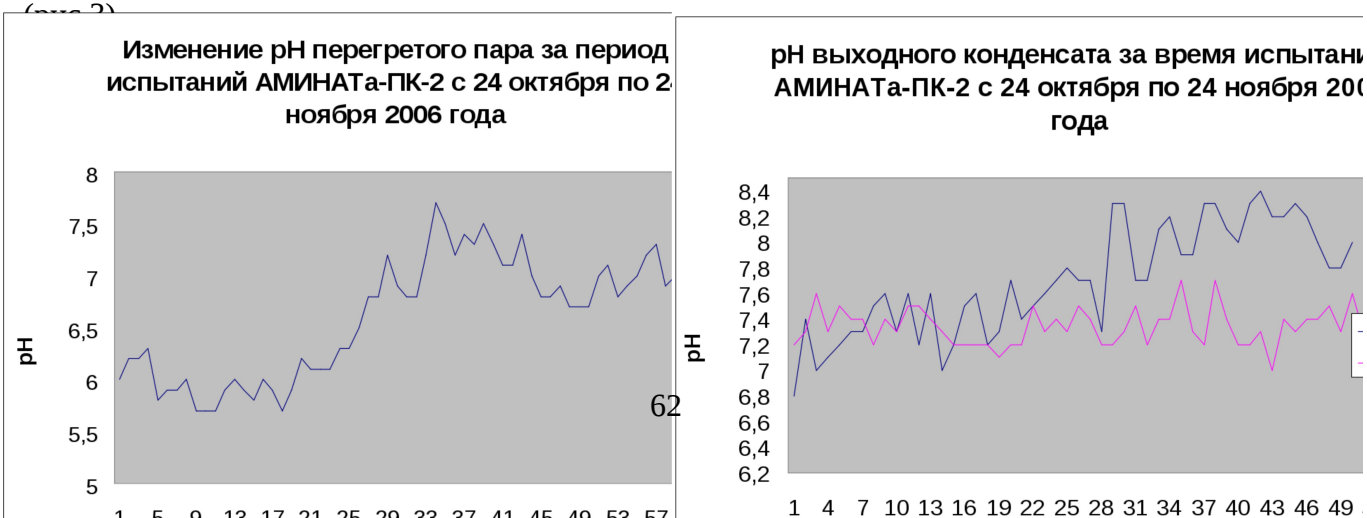
Таблица 1

Показатели качества выходного пароконденсата	Нормативные значения	Средние значения при дозировании NALCO Tri-Act 1800	Средние значения при дозировании АМИНАТа-ПК-2
Солесодержание (мг/л)	4,5	3,66	4,05
Общая жёсткость (мкг-экв/л)	5	5	5
pH	8,5-9,5	7,35	7,9
Содержание железа(мкг/л)	100	416	241
Прозрачность (см)	40	< 40	< 40

Таким образом дозирование NALCO ,к сожалению, не до конца решило проблемы пароконденсата . К тому же стоимость импортных реагентов больше, чем отечественных.

В октябре-ноябре 2006 года были проведены промышленные испытания отечественного реагента АМИНАТ-ПК-2.

В ходе испытаний контролировался pH, солесодержание и содержание железа выходного конденсата (рис.2), и солесодержание и pH перегретого пара котлов котельной установки (рис.3).



Доза реагента рассчитывалась в зависимости от щёлочности питательной воды по формуле:

$$D_{\text{ПК-2}} = (\text{Щ}_{\text{пит.в.}} \times 22 \times 100) / 35, \text{ мг/л}$$

и изменялась в ходе испытаний в пределах от 10 до 28 мг/л. Результаты испытаний приведены на рис. 3

На графиках очень хорошо заметен рост pH не только перегретого пара наших котлов, но также и выходного конденсата.

Были сделаны графики показаний pH за эти же месяцы (октябрь-ноябрь 2005 года), когда тоже дозировался реагент NALCO. Разница в показаниях pH выходного конденсата хорошо заметна. (Рис.2)

После прекращения дозирования АМИНАТа-ПК-2 pH вернулся к прежним значениям.

Таким образом:

- 1 С увеличением дозы увеличивается pH пара. При этом при дозах 25 и 28 pH существенно не меняется. Была выбрана оптимальная доза 22 мг/л, которая обеспечивала необходимые результаты. (Таблица 1).
- 2 Солесодержание в конденсате перегретого пара было выше 5 мг/л, но на качестве выходного конденсата это не сказывалось, т.е. проходила полная нейтрализация углекислоты на всём протяжении паропровода, и это приводило к снижению солесодержания в выходном конденсате до нормативных значений.
- 3 Содержание железа в выходном конденсате также снизилось и за время испытаний не увеличивалось, что говорит об уменьшении коррозии в паропроводе.
- 4 Впрыски на котлах оставались чистыми.

ВЫВОДЫ:

В результате испытаний

- 1 Удалось приблизить качество выходного конденсата к нормативным значениям;
- 2 Удалось стабилизировать качество конденсата для возврата на ТЭЦ;
- 3 В ходе испытаний определилась эффективная доза АМИНАТа-ПК-2.
4. Было принято решение рассмотреть в качестве альтернативного реагента АМИНАТ-ПК-2 и сделать дополнительную закупку для проведения более детального промышленного испытания.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНЫХ ПРИБОРОВ В ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ СРЕД

С. В.Шорин, ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва

Технологический и экологический контроль водных сред невозможен без использования инструментальных химико-аналитических методов. При этом к методам предъявляются высокие требования по чувствительности, селективности и точности результатов измерений. Аппаратурное оформление определяется конкретным методом и с ростом универсальности и метрологических характеристик, соответственно, возрастает стоимость оборудования и эксплуатационных расходов. Кроме того, сложные методы анализа, как правило, реализуются на немобильной громоздкой аппаратуре с большими временными затратами на проведение измерения. Поэтому разработка новых портативных и

недорогих приборов, обеспечивающих в то же время, требуемые характеристики, представляется весьма актуальной задачей.

Компания «Эконикс-Эксперт» представляет серию портативных приборов, применяемых для экспресс-анализа водных сред. Все выпускаемые приборы имеют аккумуляторное питание и переносное исполнение, поэтому могут применяться не только в стенах лаборатории, но в полевых условиях или на производстве. Имеется выход не компьютер для сохранения и обработки результатов измерений. Все приборы сертифицированы и внесены в Реестр средств измерений Российской Федерации.

Первым прибором в этом ряду является анализатор жидкости рН-метр-иономер «Эксперт-001», обеспечивающий измерение рН, ионного состава, окислительно-восстановительного потенциала и температуры. Прибор совместим с любыми типами ионоселективных электродов, способен сохранять в памяти данные 20 градуировок и снабжен 1 или 4 потенциометрическими каналами. Таким образом на одном приборе можно одновременно определять 5 параметров (4 значения концентраций ионов или рН и значение температуры).

Если требуется измерять только величину водородного показателя, то лучше воспользоваться рН-метром «Эксперт-рН» с улучшенными характеристиками и уникальным набором функций. Это единственный отечественный рН-метр с функциями искусственного интеллекта. Прибор учитывает влияние температуры на величины рН буферных растворов при градуировке и вносит необходимые поправки без участия пользователя, имеет полностью автоматическую термокомпенсацию, автоматизированный расчет наклона электродной функции, выполняет диагностику состояния электрода, информирует пользователя об ошибках и при стабилизации показаний. рН-метр «Эксперт-рН» гарантирует правильность результатов измерений даже в случае эксплуатации неквалифицированным пользователем.

В качестве дополнительной функции рН-метр-иономер «Эксперт-001» способен измерять концентрацию растворенного кислорода и показателя БПК с помощью современных датчиков Кларка.

Один из наиболее часто определяемых параметров воды – это общее солесодержание (минерализация). Информацию о суммарном содержании солей несет величина удельной электропроводности раствора, определяемая специальными приборами – кондуктометрами. Кондуктометр «Эксперт-002» позволяет анализировать практически любой водный раствор: от тридистиллята до рассола. Ассортимент кондуктометрических датчиков позволяет выполнять измерения непосредственно в водоёме или баке (погружной датчик), с отбором пробы (наливной датчик) или в потоке (проточный датчик).

Некоторые элементы необходимо определять на уровне нескольких мкг/л и ниже. В первую очередь это относится к ионам тяжелых металлов: цинка, свинца, кадмия, меди, марганца, висмута, хрома, ртути, олова и др. Все эти показатели на уровне ПДК и ниже можно определять на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». Для работы с прибором требуется компьютер с установленной обслуживающей программой.

Самым востребованным и универсальным из предлагаемых приборов является портативный фотометр «Эксперт-003». Огромное количество ГОСТ, ПНДФ, РД и др. нормативных документов по анализу воды включают фотометрический метод. «Эксперт-003» полностью заменяет устаревшие приборы «ФЭК», обладает улучшенными характеристиками и доступной ценой. Смена рабочей длины волны осуществляется путем замены картриджа с источником света. По желанию заказчика фотометр поставляется в комплекте с химическими реактивами и нормативными документами. В меню прибора содержатся все основные фотометрические методики, пользователю остается только выбрать требуемую и прибор автоматически настроится на соответствующие данному измерению параметры и активирует нужный градуировочный график. Таким образом фотометр «Эксперт-003» становится мощным аналитическим инструментом, способным определять десятки параметров состава водных сред, а так же почв и др. объектов.

Таким образом, представленные приборы покрывают достаточно обширный список определяемых компонентов и могут с успехом применяться для анализа вод различных типов.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЩЕЛОЧНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В СХЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ.

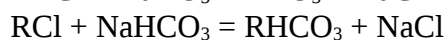
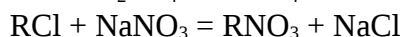
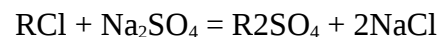
Е.В. Угай, «Пьюролайт Интернэшнл Лимитед», г. Москва.

Основным способом снижения щелочности в установках водоподготовки в настоящее время является процесс известкования на осветлителях ВТИ или ЦНИИ. Полагаю, что все сталкивались с неудобствами, связанными с реагентными способами обработки воды.

Но есть способы снижения щелочности на ионообменной смоле.

Один, редко применяемый, - хлор-анионирование. Безусловно, в этом случае определяющее значение имеет анионный состав воды - от этого зависит фильтроцикл. Содержание бикарбонатов в исходной воде должно превышать суммарное содержание анионов сильных кислот.

Cl-анионирование осуществляется после Na-катионирования. Другими словами натрий –катионированная вода, содержащая соли NaHCO_3 , NaCl , Na_2SO_4 , NaNO_3 пропускается через сильноосновный анионит в Cl-форме, где происходят реакции:



В результате сорбции иона HCO_3^- снижается общая щелочность воды, она минимальна в начале рабочего цикла, а затем постепенно повышается. Конец рабочего цикла Cl-анионированной воды устанавливают по возрастанию щелочности фильтрата дозаданных величины. Регенерируется анионит поваренной солью, удельный расход $\sim 65\text{г/л}$.

Применение этой технологии осуществляется на сильноосновных анионитах. Причем здесь имеется ряд трудностей:

- Для продления срока службы анионита необходимо, чтобы в данных схемах вода не содержала бы железа и органических примесей;
- Для регенерации анионита требуется соль высокого качества с минимальным содержанием посторонних примесей;
- Для отмывки анионита и приготовления регенерационных растворов необходимо использовать умягченную воду;
- Метод Na-Cl –ионирования применяется в исключительных случаях при соотношении анионов в исходной воде

$$\text{HCO}_3^- / (\text{SO}_4 + \text{NO}_3^-) \geq 1$$

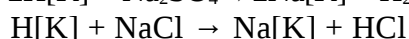
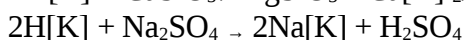
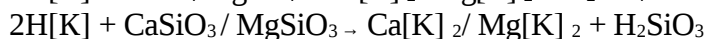
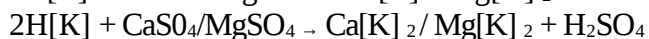
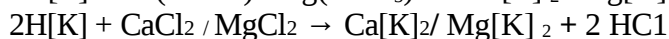
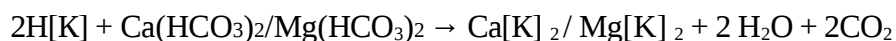
И суммарная концентрация сульфатов и нитратов не должна превышать 3 мг-экв/л.

Наша компания предлагает использовать в качестве анионита сильноосновный анионит 2 типа. Данный тип анионитов отличается более эффективной регенерацией. Компания Пьюролайт выпускает 2 марки данных анионитов – A200 (ОЕ – 1,3 мг-экв) и A300 (ОЕ -1,4мг-экв).

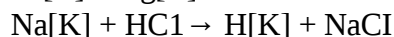
Для тех установок, где эксплуатация не боится связываться с кислотной регенерацией, хорошей альтернативой сульфоглию в процессах с «голодной» регенерацией, предлагается использовать слабокислотный катионит. Мы производим несколько марок слабокислотного катионита как с гелевой структурой матрицы, так и с макропористой. Так как гелевые катиониты имеют большую обменную емкость, то здесь и будем говорить о гелевом слабокислотном катионите марки С 104.

В процессе H-катионирования природной воды с целью удаления из нее ионов жесткости, происходит понижение щелочности исходной воды, которая связана с содержанием бикарбонатов в природной воде. Воды, содержащие в основном б и карбонатные анионы, (т.н. бикарбонатные) и связанные с ними катионы кальция и магния с небольшим содержанием ионов натрия обрабатывались в фильтрах по схеме с «голодной» регенерацией.

При обычном H-катионировании регенерация проводится с удельным расходом кислоты в 2-2,5 раза больше теоретически необходимого, который отвечает процессу эквивалентного обмена катионов между раствором и катионитом. Избыток кислоты, не участвующий в реакциях обмена ионов, сбрасывается из фильтра вместе с продуктами регенерации. При «голодной» регенерации H-катионитового фильтра удельный расход кислоты равен ее теоретическому расходу, т.е. 1 г-экв/г-экв, или в пересчете на граммы для серной кислоты - 49 г/г-экв. Все ионы водорода регенерационного раствора при **этом** полностью задерживаются катионитом, вследствие чего сбрасываемый регенерационный раствор и отмывочные воды не содержат кислоты. В отличие от обычных H-катионитовых фильтров, в которых весь слой катионита при регенерации переводится в H-форму. при «голодном» режиме регенерируются т.е. переводятся в H-форму, только верхние слои, а нижние слои остаются в солевых формах и содержат катионы Ca, Mg, Na. В верхних слоях катионита, отрегенированного «голодной» нормой кислоты, при **работе** фильтра имеют место все реакции ионного обмена, а именно:



В нижележащих, не отрегенированных слоях катионита ионы водорода образовавшихся минеральных кислот обмениваются на ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ по уравнениям:



Т.е. происходит нейтрализация кислотности воды и при этом восстанавливается ее некарбонатная жесткость, а зона слоя, содержащего ионы H^+ , смещается постепенно к нижней части загрузки фильтра.

Так как содержащаяся в воде угольная кислота является слабой, в реакциях ионного обмена она может участвовать лишь после удаления сильных кислот. В самых нижних слоях фильтра этот процесс завершиться до полного восстановления карбонатной жесткости не успевает. Поэтому фильтрат имеет малую карбонатную жесткость (численно она равна щелочности) и содержит много кислоты. К моменту окончания рабочего цикла фильтра ионы водорода, введенные в катионит при регенерации, полностью удаляются из катионита в виде H_2CO_3 , которая находится в равновесии с дегидратированной формой CO_2 .

Технология Н-катионирования с «голодной» регенерацией обеспечивает получение фильтрата с минимальной щелочностью (исключение сброса кислых стоков при регенерации и кислого фильтрата в рабочем цикле.). Фильтр регенерируется стехиометрическим количеством кислоты, затем через Н-катионированная вода проходит дегазатор (для удаления оксида углерода) и далее через одну или две ступени натрий - катионитовых фильтров. Стехиометрический расчет режима регенерации Н-катионита позволяет устранить из воды лишь карбонатную жесткость, некарбонатная жесткость удаляется при натрий-катионировании. При этой схеме отсутствуют кислые стоки и можно получить глубоко умягченную воду с остаточной щелочностью 0,7 мг-экв/л. Эту схему используют для умягчения вод, содержащих приблизительно до 3 г/л солей при различной концентрации натрия, но карбонатная жесткость должна быть не менее 1 мг-экв/л.

Показатель	Н-катионирование	
	Прямоток	Противоток
Высота слоя катионита, м	2,0	2.6
Допустимая скорость фильтрации, м/час	5-30	
Рекомендуемая скорость фильтрования, м/час (в скобках - максимальная при регенерации одного из фильтров), при жесткости обрабатываемой воды, мг-экв/л, менее: 5 10 15	20 (30) 15(25) 10 (20)	
Потери напора при фильтровании, м	По таблице	

Взрыхляющая отмывка катионита: Интенсивность, м/час (мз/час): Продолжительность, мин	Взрыхляющая отмывка производится в зависимости от высоты слоя загрузки, температуры промывной воды и степени загрязненности слоя загрузки смолы (сульфоугля).	
Количество регенераций каждого (кроме резервного) фильтра в сутки при наименее благоприятном качестве воды в зависимости от степени автоматизации и производительности ВПУ и марки катионита	Не менее 1 и не более 3	
Регенерация катионита. Удельный расход кислоты, г/г-экв: Концентрация регенерационного раствора - при регенерации HCl? - Катионитом КУ-2, % 2.СУ	49 Нарастающая конц.*1,0%-1,5% до 2-4%	
Скорость пропуска регенерац. раствора, м/час	Не менее 10 -12	
Отмывка катионита**:	Осветл. водой	Н-катион. Водой
Общая продолжительность регенерации, мин	По расчету	

*Применение нарастающей концентрации (от 1 до 6%) позволяет увеличить емкость поглощения катионита на 30-35%.

**Отмывка катионитов заканчивается при кислотности фильтрата, равной сумме хлоридов и сульфатов в воде, поступающей на отмывку.

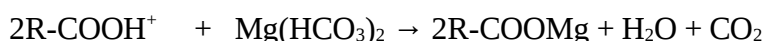
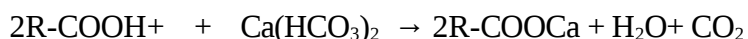
«Голодная» регенерация Н-катионитовых фильтров заключается в том, что при катионировании происходит не глубокое умягчение исходной воды, а разрушение ее карбонатной щелочности без образования кислого фильтрата. Это достигается тем, что фильтры регенерируются таким количеством кислоты, которого недостаточно для обработки вытеснения всех катионов, ранее поглощенных из воды. Это приводит к расположению в верхних частях фильтрующего слоя катионита с обменным катионом водорода, а в нижних - с обменными катионами кальция и магния. Прошедшая через такой фильтр вода не содержит сильных кислот и имеет незначительную щелочность (порядка 0,6 -0,8 мг-экв./л) и остаточную жесткость порядка 0,7 мг-экв./л. Обычно фильтр с «голодной» регенерацией для подготовки подпиточной воды котлов работает совместно с фильтрами 2-ступени, снимающим остаточную жесткость до необходимой величины. Для схем с «голодной» регенерацией применялся, в основном, сульфоуголь. Применение СУ обусловлено в этом случае содержащимися в катионите функциональными группами - наряду с сильнокислотными сульфогруппами, сульфоуголь содержит и слабокислотные карбоксильные группы. Применение сильнокислотных катионитов таких как КУ-2-8 и их аналогов (в частности С-100), содержащих функциональные сульфоновые группы, не подходит для схем с «голодной» регенерацией, так как в результате при любом удельном расходе кислоты на регенерацию фильтрат получается кислым.

Удельный расход кислоты на регенерацию (по схеме «голодной регенерации») составляет 49 г/г-экв.

Слабокислотные ионообменные смолы (такие как С-104 и ее аналоги), имеющие в качестве функциональных групп карбоксильные группы -COOH, в водородной форме почти неионизированы и если в очищаемой воде присутствуют в основном соли минеральных кислот, то процесса обмена не происходит:



В случае же бикарбонатных вод происходит следующее:



Поэтому слабокислотные катиониты способны сорбировать только те ионы, которые связаны с бикарбонатными ионами и в результате получается фильтрат, содержащий практически только те ионы жесткости, которые связаны с анионами сильных минеральных кислот - хлоридами и сульфатами. Использование слабокислотной акриловой смолы С104 заметно отличается от использования сильнокислотных катионитов, которые обладают практически постоянной способностью по обмену катионитов в широком интервале рН и для восстановления обменной емкости требуют достаточно большого количества кислоты. Благодаря отличной химической эффективности регенерации для восстановления обменной способности, катионит С 104 легко регенерируется количеством кислоты, близким к стехиометрическому.

Разница в регенерации фильтров, работающих на сульфогеле с «голодной» регенерацией и фильтров с загрузкой слабокислотного катионита С 104 при эксплуатации заключается в том, что в первом случае регенерационный раствор, прошедший регенерируемый фильтр, заведомо не имеет кислой реакции (только в случае почти полной утраты обменной емкости). В случае же слабокислотного катионита, слабокислая реакция раствора после фильтра в конце регенерации вполне допускается, так как количество кислоты для регенерации слоя катионита устанавливается в процессе работы, т.е. после нескольких фильтроциклов, взяв за отправную точку расчетное количество кислоты на регенерацию.

Ниже представлена таблица, в которой представлены данные, основанные как на опыте эксплуатации, так и расчетные данные для сравнения технологических параметров.

Механизм процесса	Режим «голодной» регенерации.	Режим работы на слабокислотном катионите
Марка фильтрующего материала	СУ	С 104
Рабочая обменная емкость, экв/м ³	250	2460
мг-экв/л	4,2	4,2
Средний фильтроцикл, м ³	800	4500-5000
Остаточная жесткость, мг-экв/л	0,7	0,2-0,3

Удельный расход кислоты на регенерацию, г/г-экв (% от стехиометрического)	49 (100)	51,4 (105)
Объем засыпки катионита в фильтр, мЗ	6,8	6,8
Обменная емкость слоя катионита, экв	1700	16728
Количество кислоты на одну регенерацию, кг	83,3	859,8
Количество кислоты, израсходованной на регенерацию за месяц, т	7,5	6,9

При правильной эксплуатации слабо основного катионита (четкого режима регенерации, рекомендованного процентного содержания кислоты в регенерационном растворе и скорости пропуска этого раствора через слой катионита, чтобы не допустить образования сульфата кальция, который блокирует гранулы катионита и уменьшает обменную емкость слоя катионита) преимущества использования этой смолы выразятся:

- в уменьшении месячного потребления кислоты и воды на собственные нужды (благодаря снижению количества регенераций в месяц),
- в снижении эксплуатационных затрат на натрий -катионитовых фильтрах 2 ступени, так как снижается остаточное содержание ионов жесткости в фильтрате и этим уменьшается нагрузка по жесткости на натрий-катионитовый фильтр 2 ступени.

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОТМЫВОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.

Е.А. Сипилина, В.Е.Ларченко, ООО «НПФ Траверс», Москва

Сотрудниками нашей фирмы разработаны отмывочные композиции предназначенные для химической очистки загрязненных поверхностей из различных конструкционных материалов (углеродистая сталь, медь и медные сплавы). Препараты представляют собой водные растворы композиций, включающих помимо хелатирующих реагентов, поверхностно активные вещества, синергетические добавки и ингибиторы кислотной коррозии.

По своей эффективности препараты находятся на уровне лучших зарубежных аналогов. Их применение обеспечивает практически 100%-ную степень растворения отложений при скорости коррозии металла в 10-20 раз меньшей, чем при использовании для

этих же целей растворов минеральных кислот и композиций на их основе (в том числе ингибированной соляной кислоты).

Объектами очистки могут быть как поверхности теплообмена различных теплоэнергетических систем (водогрейные и паровые котлы, система отопления жилищно-коммунального хозяйства, теплообменники, бойлеры, рубашки реакционных аппаратов, детали различных аппаратов и конструкций).

Для эффективного применения отмывочных композиций в первую очередь необходимо установить химический состав отложений.

По химической природе преобладающего компонента отложения могут быть классифицированы на карбонатные и железистоокисные.

Перейдем к отмывочным композициям. Известно, что для очистки поверхностей теплообмена как от карбонатных, так и от железистоокисных отложений чаще всего применяют кислотные композиции. Традиционным и давно используемым для этих целей препаратом является ингибированная соляная кислота. Однако, композиции только на этой основе, не смотря на кажущуюся дешевизну, обладают существенным недостатком, а именно, высокой скоростью коррозии материала отмываемого оборудования. Существенно понизить скорость коррозии помогло создание кислотной композиции, для растворения карбонатных отложений, с использованием ряда фосфонатов.

При этом было установлено, что при применении этих композиций была существенно снижена скорость коррозии стали 3 при сохранении скорости растворения, примерно такой же как в 4-5 % -ных растворах ингибированной соляной кислоты. Особенно эффективно очистка этими препаратами теплообменников, изготовленных из сплавов меди.

Опираясь на данные проведенных экспериментов были созданы препараты Аминат марки Д, и Д(р), для стали 3, марки Д (к) с содержанием каптакса для латуни. При создании таких композиций учитывался не только тип отложений, но и материал отмываемого оборудования, а также основа отложений, либо это карбонаты с примесью железистоокси, либо железистоокись с примесью карбонатов и наличие содержания в них соединений кремния.

Отмывка оборудования проводится при циркуляции моющего раствора при комнатной температуре. При этом следует отметить, что преимущества Д, Д(р) и Д(к) в сравнении с сульфаминовой кислотой, это комнатная температура и быстрая скорость отмывки.

Для очистки поверхностей от железистоокисных отложений созданы кислотные отмывочные композиции Аминат марки Д-30 и Д-56, представляющие собой смеси неорганических и органических кислот с добавлением ПАВ и ингибированной кислоты. Эти композиции имеют в 4-5 раз большую емкость по железу, чем используемые для отмывки неорганические кислоты, такие как соляная и сульфаминовая кислоты.

Для растворения железистоокисных отложений требуется повышение температуры до 40-80°C. Максимально время отмывки не более 7-12 часов, в зависимости от объекта.

Во внутридомовых трубопроводах отопления во многих случаях наблюдается появление значительного количества отложений, связанное с нарушением требований к качеству подпиточной воды, гидравлического режима или правил консервации систем в межотопительный период.

Для удаления отложений из внутридомовых трубопроводов (систем отопления) были созданы композиции на основе ОЭДФ. Композиция содержит также ингибиторы кислотной коррозии, неиногенный ПАВ и диспергатор. При проведении отмывки скорости коррозии металла составляют 0,6-0,8 г/м²час, в присутствии значительных количеств трехвалентного железа, что приводит к отсутствию коррозионных поражений отмываемых трубопроводов.

Эффективность выпускаемых НПФ «Траверс» отмывочных композиций была подтверждена на объектах жилищно-коммунального хозяйства, металлургии, агропромышленных комплексах, химии и других отраслей промышленности.

В заключении хочется сказать, заказчику предоставляются услуги по определению состава отложений, разработки технологии проведения химической отмывки, поставка реагентов, проведения отмывки оборудования.

**РЕАГЕНТЫ ООО «НПФ ТРАВЕРС» ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ
ОТЛОЖЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ И ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.**

Для отложения минеральных солей

Марка	Хим. состав	Содерж. осн., рН	Условия применения	Нал. дез. эфф.
Д, Д(к), Д(р)	Водные растворы смеси фосфорорганических комплексонов, фосфорной, фосфористой и соляной кислот с ПАВ и ингибитором кислотной коррозии.	Кислое значение рН=1-3	Разбавляются водой в соотношении от 2 до 10 раз. Средний расход реагентов составляет 2-4л. t=50-70С	нет

Для железоокисных отложений

Марка	Хим.состав	Содерж. осн., рН	Условия применения	Нал. дез. эфф.
Д-56	Водный раствор смеси неорганической (фосфоновой, полифосфоновой) и органической кислоты	10%-ного раствора в пределах 1,0-1,1	Используется разбавленным в 3-5 раз, при циркуляции	нет
Д-30	Водный раствор смеси неорганической и фосфорорганической кислот	Кислотность 4,5-5,5 мг экв/мл	Используется разбавленным в 2-4 раза, t=60-80 С, при циркуляции.	нет

**ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАГЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВА BWT ДЛЯ МОЙКИ
ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.**

М.Р. Петров, ООО «BWT – сервис», г. Москва

Ведущий Европейский концерн в области водоподготовительного оборудования и технологий **BWT-group**, созданный в 1990 году, сегодня включает в себя 68 производств и компаний, в которых работают более 2800 человек.

Концерн **BWT** имеет региональные представительства и партнерские фирмы в Австрии, Германии, Франции, Бельгии, Швейцарии, Италии, Испании, Финляндии, Швеции, Польше, Венгрии, Великобритании, Дании и т.д.

В Концерн **BWT** входят такие известные бренды, как **CHRIST**, **TEPRO PE**, **CILLECHEMIA**, **CILLIT**, **HOH SEPARTEK**, **VAN DER MOLEN**, **GOEMA**, **BEWADES** и многие другие.

Российское представительство концерна **BWT** - компания **BWT-сервис**, которая за пять лет работы смонтировала и запустила в успешную эксплуатацию более 400 водоподготовительных установок.

Компания **BWT-сервис** имеет стабильные производственные связи с Фирмами, специализирующимися на производстве котлового и теплообменного теплоэнергетического оборудования - Viessmann, Buderus, Loos, Siemens, Rainbow, Альфа Лаваль, Ридан, Функе и т.д.

Теплообменники используются во всех видах тепловых систем, где требуются комфорт, надежность и безопасность. Помимо передачи тепла от одного контура к другому, теплообменник эффективно справляется с перепадом давлений, существующим обычно, между первичным и вторичным контурами. Однако, несмотря на использование высококачественных износостойких материалов, прогрессивную конструкцию и передовые технологии производства, пластинчатый теплообменник, как и любое оборудование, со временем подвержен загрязнению и износу. Например: низкое качество воды; повышенное содержание в ней солей кальция, магния, железа и других металлов; органические включения - вызывают появление на поверхности теплообменников «накипи», что снижает его теплопередающие характеристики и общую производительность. Кроме того, отложения способствуют увеличению скорости коррозии теплопередающего оборудования.

На рисунке приведен график зависимости потерь тепловой энергии от толщины кальциевых отложений на стенках теплообменного оборудования.



Своеобразным сигналом, свидетельствующим, что теплообменник нуждается в профилактическом обслуживании, служит ослабление напора и ухудшение теплосъема. Правильная эксплуатация, своевременная профилактика и качественный ремонт пластинчатого теплообменника могут значительно увеличить срок его службы и эффективность работы.

Частично решить проблемы водоподготовки помогает применение фильтров умягчения, благодаря которым интервалы между обслуживанием теплообменников значительно увеличиваются.

Крайне важным методом восстановления нормальной работы теплообменника является его периодическая промывка специальными реагентами. В системах отопления и ГВС применяют как разборные, так и паяные теплообменники. Для промывки разборных теплообменников можно использовать как обычные методы промывки, так и системы безразборной мойки (СИП), в то время как для паяных — только безразборной.

Концерн **BWT**, в частности его подразделение CILLIT, разработал и производит широкий спектр специальных моющих, пассивирующих и нейтрализующих реагентов для осуществления процесса мойки теплообменного оборудования, с помощью которых можно осуществлять следующие операции:

- Удаление известковых отложений, ржавчины и биологических отложений в теплообменниках, трубопроводах, охладителях и конденсаторах с помощью соответствующих реагентов;
- Пассивирование очищенных поверхностей, чтобы уменьшить восприимчивость к коррозии;
- Нейтрализация отработанных моющих жидкостей перед сливом.

Таблица подбора реагентов для промывки

Область применения и обрабатываемые материалы	Реагент для удаления известковых отложений	Реагент для удаления известковых отложений, ржавчины и прочих неорганических отложений	Реагент для пассивации обработанных поверхностей
	Cillit – Kalkloser P	Cillit – ZN/I	Cillit – NAW
Концентрация рабочего раствора, % Удаление известковых отложений:	20	10	5
Удаление ржавчины:	-	50 - 100	-
Рабочая температура, °C	20 - 60	20 - 40	20 - 60
Серый чугун	+	+	+
Нержавеющая сталь	+	-	+
Черная сталь	+	+	+
Эмалированная сталь	+	-	+
Оцинкованная сталь	+	+	+
Медные сплавы	+	+	+
Алюминиевые сплавы	+	-	-
Полисульфон – обратноосмотические мембраны	+	-	-
Установки УФ облучения	+	-	-
Оборудование для питьевой воды	+	-	+

«+» реагент пригоден для использования;

«-» реагент не пригоден для использования;

В программе производства BWT имеются реагенты для нейтрализации отработанных моющих растворов до pH, соответствующего нормативам, перед сливом в канализацию. Это Cillit – Neutra и Cillit – Neutra P, отличающиеся вариантом фасовки, первый – раствор в канистрах, второй кристаллический порошок в пакетах.

Все реагенты, производимые концерном BWT, не повреждают пластин, прокладок и клеев, которые применяются различными производителями пластинчатых теплообменников.

Для проведения процесса мойки теплообменного оборудования концерн **BWT** производит серию установок разной мощности, позволяющих осуществлять промывку теплообменников и трубопроводов любого объема.

Безразборная мойка осуществляется в режиме циркуляции с помощью устройств L810, L802, CILLIT SEK 28, CILLIT KALK EX-MOBIL, которые могут подключаться как к самому теплообменнику, так и к подводящим трубопроводам.

Все устройства безразборной мойки производства **BWT** сделаны из промышленного пластика и применяются в основном в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для удаления кальциевых и других видов отложений с поверхности пластин, при этом нет необходимости в разборке и открывании пластинчатого теплообменника. Некоторые из этих устройств снабжены системой способной, изменять направление потока моющего раствора. Мойка рекомендуемым моющим средством увеличивает промежутки работы между моющими циклами, а также удлиняет срок службы теплообменников.

Технология мойки теплообменного оборудования одновременно проста и эффективна:

- Присоединить установку мойки к теплообмннику;
- Приготовить раствор нужного реагента и подогрейте его до заданной температуры;
- Включите установку мойку в режим циркуляции согласно инструкции по эксплуатации;
- Убедитесь, что весь осадок растворился (для этого прилагаются специальные тест-наборы);
- Нейтрализуйте и слейте отработанный раствор;
- Промойте теплообменник;
- Отключите установку мойки от теплообменника;

После этого Вы убедитесь, **что теплообменник полностью вернул свои первоначальные характеристики.**

Кроме значительного повышения эффективности работы любых типов теплообменников, установки и реагенты производства концерна **BWT**, увеличивают общее время их эксплуатации без повреждения пластин и уплотняющих прокладок.

Данные устройства безразборной мойки теплообменников, как и все остальное оборудование производства концерна BWT, изготавливается в соответствие со стандартом качества ISO 9001.

Технические данные

Промывочный насос, тип	L810	L802	Cillit-SEK 28	Cillit-KalkEX-M
				
Подключение к сети, В/Гц	230 одна фаза /50			
Присоединенная	120	120	170	400

мощность, Вт				
Высота напора, макс., м в.ст.	4,5	4,5	8	15
Масса, кг	3,5	8,5	8	15
Макс. Скорость циркуляции, л/час	1200	1200	2400	2100
Объем емкости, л	8	20	20	40
Температура жидкости, макс., °С	60	60	60	60
Габаритные размеры, мм	390/430/330	590/270/400	500/250/350	730/320/530
Фирменный номер для заказа	20005	20006	60008	60007

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ АНТИНАКИПНОГО ДЕЙСТВИЯ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПОСОБА ВОДОПОДГОТОВКИ

Е.К. Казимиров, О.Е.Казимиров, ООО «Азов», г. Дзержинск

Согласно нормативным документам, задача обеспечения работы оборудования и теплопроводов энергетических объектов в режиме отсутствия накипеобразования и коррозии однозначно ориентирована на реализацию традиционного способа водоподготовки, включающего фильтрацию воды на ионообменных фильтрах и деаэрацию [1-3].

Традиционный способ водоподготовки имеет высокие капитальные и эксплуатационные затраты [4] и в условиях крайнего дефицита средств в муниципальных и энергетических службах и объединениях актуален поиск более экономичных способов водоподготовки.

В настоящее время в технической литературе публикуется много сообщений о разработке и использовании новых, альтернативных традиционному, способов водоподготовки [5-9]. Большинство предлагаемых способов водоподготовки основаны на физико-химическом воздействии на среду (электрические и магнитные поля, ультразвуковые и акустические волны, электро-химические реакции), вследствие чего создаются условия кристаллизации накипеобразующих солей в объеме , а не на теплопередающих поверхностях. Указанные выше способы объединяет наличие стадии создания в системе за счет физико-химического воздействия центров пресыщения (кристаллизации) и образования множества микрокристалликов накипеобразующего вещества в объеме раствора.

Размер частиц микрокристалликов находится в интервале 10^{-7} - 10^{-4} см, и на этой стадии прозрачную сетевую воду, содержащую микрокристаллики накипи ,можно характеризовать как высокодисперсный коллоидный раствор.

Частицы высокодисперсных коллоидных растворов проходят через обычные фильтры, практически не оседают и не видимы в оптический микроскоп.

На второй стадии, то есть после того как реализована задача образования микрочастиц накипеобразующих солей в объеме, основная энергия раствора идет на укрупнение кристаллов и образование суспензии. Эта стадия растянута во времени от десяти минут до нескольких часов [10]. Учитывая, что время пребывания сетевой воды в генераторе энергетического воздействия и в теплоагрегатах составляет 0,1 – 2 минуты следует ожидать наличие суспензий в обратной сетевой воде.

При реализации электрохимического способа водоподготовки учитываются обе стадии. За счет прикатодной электрохимической реакции образуются монокристаллы карбоната кальция, которые служат центрами роста кристаллов накипеобразующих солей в объеме раствора.

В водных растворах на базе монокристаллов карбоната кальция в присутствии ионов кальция (Ca^{2+}) и углекислотных анионов (CO_3^{2-}) образуется агрегат мицеллы вида: $[(m\text{CaCO}_3) \cdot n\text{Ca}^{2+} - x\text{CO}_3^{2-}]^+$, являющейся мельчайшим кристалликом и имеющей положительный заряд. Электрохимические свойства заряженной частицы характеризуются дзетта – потенциалом, который для карбоната кальция имеет величину порядка +3 милливольт [11].

Учитывая наличие второй стадии, т.е. динамику образования суспензий (размер частиц 10^{-4} - 10^{-2} см и более), электрохимический антинакипный аппарат устанавливается непосредственно на сетевом трубопроводе, за счет чего осуществляется электрофильтрация оборотной воды.

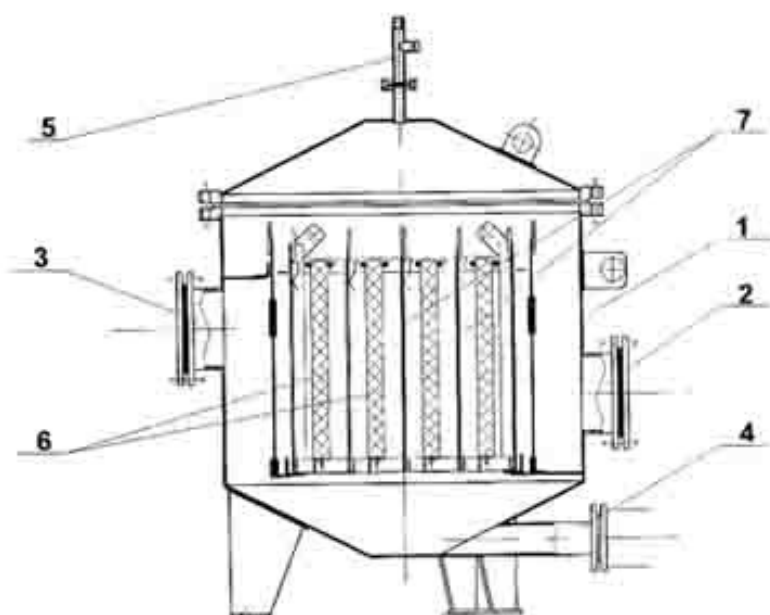


Рис. 1. Принципиальная схема электрохимического аппарата типа АЗА-Т

- 1 - корпус аппарата;
- 2,3 - патрубки подвода и отвода обрабатываемой воды;
- 4 - патрубок слива воды из аппарата;
- 5 - патрубок и кран Маевского для периодического сброса паро-воздушной смеси;
- 6 - аноды из графитированного материала, жестко закрепленные в электродной кассете;
- 7 - недеформируемые стальные катоды, жестко закрепленные в электродной кассете

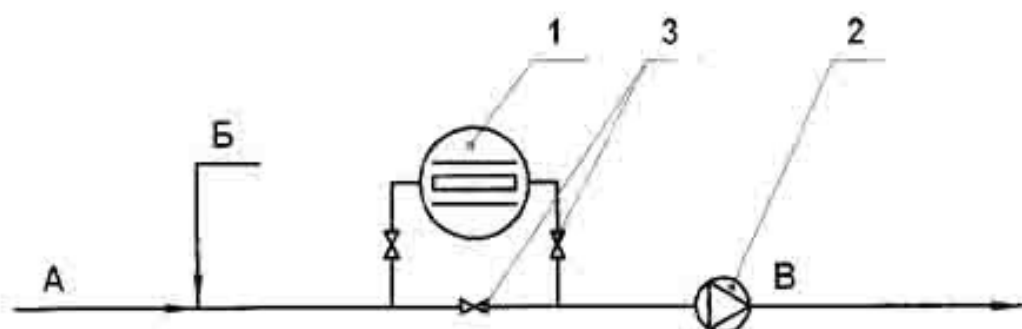


Рис. 2. Принципиальная схема обвязки аппарата:

- 1 - аппарат типа АЗА-Т;
- 2 - блок сетевых насосов;
- 3 - вентили в обвязке аппарата;
- А - теплотрасса сетевой воды от потребителя (обратка);
- Б - трубопровод подачи необработанной воды (городской или локальный водоразбор);
- В - теплотрасса подачи сетевой воды в теплоагрегат (котел, теплообменник) и далее потребителю

При реализации на энергетических объектах электрохимического способа водоподготовки используется аппарат типа АЭ-А-Т (рис. 1), основными элементами которого являются недеформируемая стальная пластина (катод) и прямоугольный параллелепипед (анод), выполненный из токопроводящего графитированного материала.

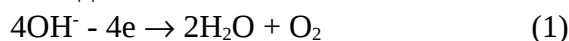
При движении через аппарат с определенной удельной скоростью относительно электродной площади сетевая вода последовательно проходит, меняя направление движения, три секции: зону входа, межэлектродное пространство и зону выхода. Расстояние между анодной и катодной пластинами имеет фиксированную величину [12]. Плотность тока между электродами поддерживается в заданном интервале путем использования блока питания.

Аппарат электрохимической обработки воды обычно устанавливается на обратном сетевом трубопроводе до сетевых насосов, и после врезки трубопровода подпиточной воды (рис. 2).

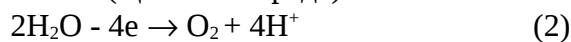
Байпасное подсоединение аппарата к сети позволяет производить периодическую выгрузку уловленных солей жесткости (2...3 раза за отопительный сезон) без остановки работы котельной. В целом весь процесс чистки занимает 2...3 часа.

При условии поддержания на электродах определенной плотности тока в межэлектродном пространстве основными являются следующие химические и электрохимические реакции:

⊗ на аноде:

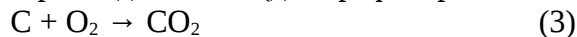


(щелочная среда)

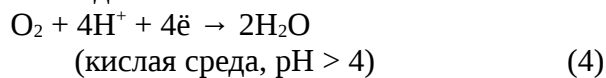


(нейтральная или кислая среда)

□ в прианодной зоне (для графитированного анода):



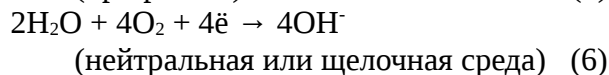
□ на катоде:



(кислая среда, pH > 4)

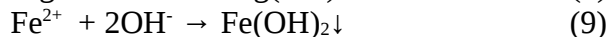
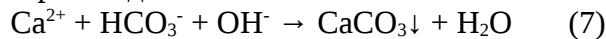


(при pH < 4)

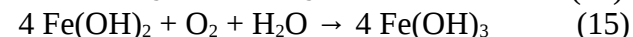
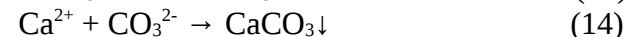
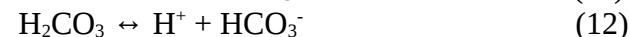
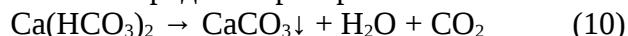


(нейтральная или щелочная среда)

□ в прикатодной зоне



□ в межэлектродном пространстве:



За счет электрохимической реакции в прикатодной зоне аппарата образуется высокощелочная среда (pH 10 – 11) [13], в которой при наличии бикарбонатов кальция $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ по реакции – 7 образуются монокристаллы карбоната кальция, способные выступать в роли центров кристаллизации в объеме.

Таким образом, электрохимический аппарат, установленный на обратном сетевом трубопроводе выполняет одновременно две важные функции. Одна заключается в улавливании путем электрофильтрации сформировавшихся в объеме положительно заряженных частиц гели и суспензии, а вторая в генерации в ту же систему монокристаллов карбоната кальция, служащих центром образования гелей и суспензии в рабочих объемах

теплоагрегатов и теплосети, что в целом препятствует образованию накипи на теплопередающих поверхностях.

Индикаторным показателем, позволяющим предсказать расчетным путем накипеобразующую и коррозионную активность воды является индекс насыщения (I_n), [14]. Для энергетического объекта значение $I_n < 0,3$ вода коррозионно активна, при $0 < I_n < 0,5$ величина накипеобразования не превышает нормативных показателей – $0,03 - 0,1 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$, а при $I_n > 0,5$ вода обладает повышенной накипеобразующей способностью.

Большой экспериментальный материал полученный на промышленных объектах при обработке сетевой воды в электрохимических аппаратах, рассмотрен через призму данных положений.

В таблице 1 приведены усредненные показатели подпиточной и сетевой воды, которые характеризуют накипеобразующую и коррозионную активность. Приводимые в таблице объекты разбиты на три блока по показателю индекса насыщения подпиточной воды, рассчитанного для температуры 60°C (I_n^{60}).

- I. $0,3 < I_n < 1$ – подпиточная вода накипеобразующая
- II. $I_n > 1$ – подпиточная вода высокой накипеобразующей способности
- III. $I_n < 0,3$ – вода коррозионноактивная

Таблица 1. Усредненные показатели подпиточной и сетевой воды при наличии в тепловой сети электрохимического аппарата водоподготовки.

№ п/п	Наименование объекта	Показатели подпиточной воды					Показатели сетевой воды при наличии в сетевом контуре аппарата типа АЭ-А-Т		
		pH	Ж _о , мгэкв/ д ³	I_n^{60}	$\text{SSO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	pH	I_n^{60}	Fe, мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. $0,3 < I_n^{60} < 1$									
1.1	Макшан П	7,0	6,10	0,34	< 50	0,0-0,12	7,2	0,28	0,0-0,2
1.2	Мелехово В	7,2	5,15	0,39	< 50	0,0-0,13	7,5	0,53	0,0-0,1
1.3	Балашиха М Кот. №12	7,6	4,45	0,53	< 50	0,0-0,2	7,8	0,41	0,0-0,2
1.4	Красноуфимск С, кот. № 3	7,14	6,90	0,43	< 50	0,0-0,1	7,5	0,43	0,0-0,1
1.5	Содышка В	7,60	4,30	0,60	< 50	0,0-0,2	7,51	0,49	0,0-0,1
1.6	Лысково Н	7,40	6,60	0,66	< 50	0,0-0,1	7,39	0,22	0,0-0,1
1.7	Павлово Н	7,55	6,01	0,65	< 50	0,0-0,1	7,42	0,46	0,0-0,1
1.8	Кулебаки Н	7,62	4,23	0,61	< 50	0,0-0,1	7,34	0,2	0,0-0,1
1.9	Боголюбово В	7,49	4,31	0,66	61	0,0-0,1	7,59	0,42	0,0-0,1
1.10	Ковров В	7,63	5,52	0,64	80	0,1-0,3	7,70	0,35	0,0-0,2
1.11	Цивильск Ч.Р.	7,65	7,71	0,86	84	0,2-0,9	7,14	0,38	0,1-0,2
1.12	Астрахань	7,62	3,13	0,33	94	0,0-0,3	7,51	0,02	0,0-0,3
1.13	Чернышиха Н	7,32	6,80	0,65	100	0,2-0,5	7,15	0,14	0,0-0,2
1.14	Н.Ивкино К	7,61	7,52	0,89	132	0,0-0,2	7,32	0,44	0,0-0,1
1.15	Ворсма Н	7,63	8,04	0,82	210	0,3-0,5	7,31	0,37	0,1-0,8
1.16	Лукоянов Н	7,35	11,63	0,89	240	0,7-3,3	7,25	0,30	0,3-1,3
1.7	Ростов Р	7,70	7,23	0,79	299	0,3-0,5	7,25	0,1	0,4-2,5
1.8	Лисаковск К	7,55	6,71	0,59	342	0,1-0,3	7,65	0,54	0,4-1,8

№ п/п	Наименование объекта	Показатели подпиточной воды					Показатели сетевой воды при наличии в сетевом контуре аппарата типа АЭ-А-Т		
II. $I_n^{60} > 1$									
2.1	Коломна М	7,7	12,5	1,2	210	0,0-0,1	7,4	0,49	0,0-0,1
2.2	п. Лаптево Н	7,55	16,52	1,21	436	0,5-1,3	7,31	0,58	0,2-0,7
2.3	п.Нухтолово Н	7,24	15,65	1,29	451	0,4-0,6	7,20	0,43	0,2-0,4
2.4	Яриново Н	7,51	16,0	1,21	436	0,5-1,3	7,31	0,58	0,3-0,7
2.5	п.Шварцевский	7,33	22,4	1,05	522	0,7-4,8	7,24	0,63	0,3-1,5
2.6	Белая Калитва Р	7,35	12,6	1,25		0,1-0,6	77	1,08	0,1-0,4
III. $I_n^{60} < 0,3$									
3.1	п. Замзор И	7,0	210	-0,44	< 50	0,3-0,5	7,4	-0,24	0,2-0,9
3.2	ул.Измайлово Москва	6,6	3,45	-0,68	< 50	0,0-0,4	6,75	-0,68	1,5-3,5
3.3	Шахунья Н	6,8	4,10	-0,2	< 50	0,1-0,7	6,9	-0,1	0,1-0,9
3.4	Малыгино В	7,1	3,85	-0,1	< 50	0,1-0,4	7,6	0,42	0,0-0,3
3.5	Балашиха М кот. № 14	7,2	2,70	-0,19	< 50	0,0-0,2	7,6	-0,11	0,0-0,5
3.6	Дзержинск Н	6,8	4,92	-0,42	< 50	0,1-0,6	7,4	0,21	0,1-0,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.7	Балашиха М кот. № 11	7,4	3,47	0,17	< 50	0,0-0,1	7,6	0,51	0,0-0,5
3.8	НИИРИ П	7,2	3,61	0,22		0,0-0,1	7,4	0,19	0,1-0,3
3.9	п.Мелехово В	7,11	5,11	0,23	80	0,0-0,2	7,50	0,40	0,0-0,1
3.10	п.Дружный Н	7,05	6,10	0,28	123	0,3-09	7,10	0,27	0,0-0,2
3.11	Навашино Н	7,20	8,51	0,30	157	0,1-0,4	7,5	0,5	0,2-0,5

М - Московская обл., Н – Нижегородская обл., В – Владимирская обл., Ч – Чувашская республика, Т – Тульская обл., К – Кировская обл., П – Пензенская обл., И – Иркутская обл., Р – Ростовская обл., С – Свердловская обл.

На всех объектах антинакипные электрохимические аппараты установлены на обратном сетевом трубопроводе после подпитки как показано на (рис. 2).

В первом блоке приведены данные, согласно которым подпиточная вода, обладая накипеобразующей способностью, практически полностью теряет данное свойство за счет извлечения солей жесткости в антинакипном аппарате. Индекс насыщения сетевой воды не превысил значения +0,5.

Количество солей, уловленных аппаратом на каждом объекте практически соответствовал расчетным значениям вычисленным по аналитическим данным карбонатной жесткости сетевой и подпиточной воды, а также замеров величины подпитки.

На указанных объектах стадия деаэрации не использовалась, а содержание кислорода в сетевой воде для большинства систем была близка к нормативному. Относительно малое содержание кислорода в сетевой воде можно объяснить тем, что в прикатодной зоне аппарата в нейтральной и щелочной среде имеет место электрохимическая реакция – 6, которая протекает с использованием кислорода. Анодный кислород, который может образоваться в щелочной среде по реакции – 1 расходуется практически в прианодной зоне за счет взаимодействия с графитированным анодом по реакции – 3.

Сетевая вода, отличительной особенностью которой является щелочные значения pH и положительные значения индекса насыщения, практически не обладает коррозионной активностью и, как следствие этого, концентрация железа в сетевой воде не превышала норматива.

Исключения в этом плане составили данные по объектам, где подпиточная вода имела высокие суммарные концентрации ионов сульфата и хлоридов ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$). Сверхнормативная коррозионная активность сетевой воды проявлялась при значениях этого показателя более 150 мг/дм^3 . Характерно, что подпиточная воды с высоким содержанием ионов сульфатов и хлоридов изначально имела высокие показатели по железу. Одной из причин повышенных значений железа в сетевой воде является наличие тупиковых зон теплосети, где имеет место стояночная коррозия (например объект 1.8 таблицы 1).

Можно отметить, что сетевая вода даже при высоком содержании железа бесцветна, и только при отборе проб после взаимодействия с воздухом – желтеет. С одной стороны данное свойство отчасти подтверждает практически отсутствие кислорода в теплосети, а с другой подтверждает количественное извлечение нерастворимых соединений железа на электродных пластинах аппарата. Как правило цвет отложений накипеобразующих солей на электродных пластинах аппарата для данных объектов от светло до темно-бурого цвета.

Второй блок данных объединяет объекты, где в подпиточной воде содержание накипеобразующих солей очень велико, т.е в 1,5 – 3 раза превышает нормативы на питьевую воду.

Использование антинакипного электрохимического аппарата и на данных объектах так же эффективно, однако, в данном случае крайне важен предварительный расчет количества выпадающих в объеме накипеобразующих солей для подбора аппаратов нужной производительности. Как показывает опыт, в данном случае требуется увеличить катодную площадь действующих аппаратов в 2-4 раза, что обычно достигается путем монтажа аппаратов в блочном варианте.

Влияние ионов сульфатов и хлоридов для объектов первого и второго блоков аналогичны.

Третий блок данных получен для объектов использующих подпиточную воду с явной коррозионной активностью. Накипеобразующая её активность проявляется при нагревании, причем чем меньше значение индекса насыщения, тем больше температура, при которой отмечается накипеобразование.

Практически на всех объектах третьего блока использование антинакипных аппаратов обеспечивало гарантированную защиту теплопередающих поверхностей от накипи, тогда, как до установки аппаратов на данных объектах накипеобразование мешало эффективному использованию оборудования. В тоже время на данных объектах, как правило фиксировались сверхнормативные или нормативные содержания железа в сетевой воде.

Нормативные значения по содержанию железа в сетевой воде при наличии электрохимической водоподготовки имели место при соблюдении двух основных условий:

- подпиточная вода имеет значение общей жесткости более $3,5 \text{ мг экв/дм}^3$
- показатель водорода, т.е pH более 7,2

Второе условие необходимо для обеспечения катодной электрохимической реакции – 1 не занижающей значение pH среды.

При значениях $\text{pH} < 7,2$ и величине общей жесткости менее $3,5$ коррозионная активность сетевой воды увеличивается, что приводит к концентрациям железа в сетевой воде, превышающих нормативные. Этому отчасти способствует электрохимическая реакция – 2, которая идет с выделением H^+ , увеличивая кислотность и коррозионную активность сетевой воды.

Для объектов использующих подпиточную воду с параметрами по $pH < 7,2$ и общей жесткостью менее 3,5 дополнительно к антинакипному аппарату устанавливаются стабилизационные аппараты, увеличивающие или стабилизирующие как значение жесткости, так и pH . Стабилизационные аппараты устанавливаются по схеме представленной на (рис. 3), согласно которой проток части сетевой воды через аппарат обеспечивается разностью давления в сети до и после сетевого насоса.

На объектах, где установлены данные аппараты (см. 3.5 и 3.7) достигнуты нормативные показатели по железу в сетевой воде по сравнению с аналогичными объектами по качеству подпиточной воды (см. 3.2).

Технические и экономические характеристики всего ряда антинакипных электрохимических аппаратов даны в более ранней публикации [9], так аппарат производительностью 350 м³/час по сетевой воде имеет размеры: диаметр обечайки – 1000 мм, габаритные размеры по штуцерам – 1200 мм, по высоте – 2100 мм, соответственно вес сухого аппарата – 905 кг и расход электроэнергии не превышает 1 кВт/ч.

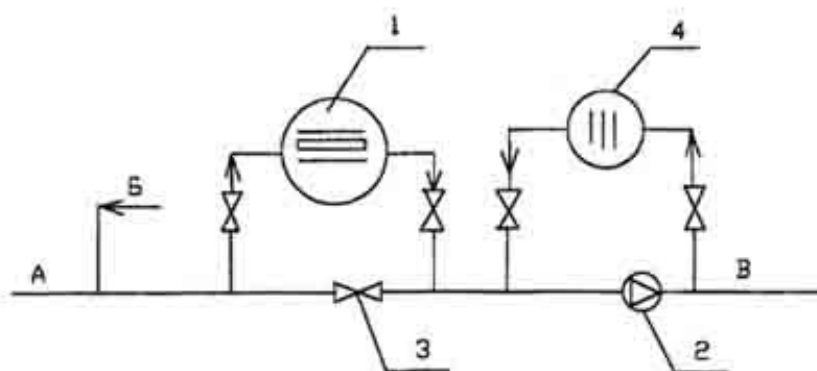


Рис. 3 Принципиальная схема подключения стабилизационного аппарата. Обозначения А,Б,В, 1-3 см. рис. 2. 4-стабилизационный аппарат.

Эксплуатационные затраты в пересчете на 1 м³ подпиточной воды составляют 0,5 – 1,0 руб. в зависимости от величины подпитки.

В настоящее время накоплен большой опыт использования антинакипных электрохимических аппаратов (около 600 объектов) как в системе теплоснабжения, так и горячего водоснабжения. Накопленный опыт позволяет использовать данный способ водоподготовки в водогрейных котельных использующих водотрубные котлы независимо от способа реализации тепловых схем.

Для котельных использующих жаротрубные водогрейные или паровые котлы электрохимический способ водоподготовки рекомендуется использовать при наличии многоконтурной схемы (котловой контур, контур отопления, контур горячего водоснабжения). В этом случае на реальных объектах получены положительные результаты при установке электрохимических аппаратов, как в контуре отопления, так и горячего водоснабжения [15]. Положительный результат получен как в случае теплообменников трубчатого типа, так и пластинчатых теплообменников.

Выводы

Приведенный выше анализ работы тепловых систем с использованием электрохимических аппаратов на промышленных объектах позволяет сформулировать следующие выводы и рекомендации.

1. Обработка сетевой воды электрохимическим аппаратом типа АЭ-А-Т позволяет обеспечить нормативные показатели по накипеобразованию и коррозии при условии использования подпиточной воды с положительным индексом насыщения ($I_n > 0,3$) и суммарной концентрации сульфатов и хлоридов менее 150 мг/л. При этом для подпитки используется вода с водозабора без обработки ее на ионообменных фильтрах и деаэрации.

При содержании сульфатов и хлоридов более 150 мг/дм³ так же достигалось нормативное снижение накипеобразованию, однако при этом содержание ионов железа в сетевой воде не стабильно и изменяется от нормативного показателя – 0,5 мг/дм³ до периодического его увеличения на порядок и выше.

2. Эксплуатационные затраты при работе электрохимического аппарата типа АЭ-А-Т составляют в среднем 0,5 – 1 руб. на 1 м подпиточной воды, что более чем на порядок меньше, чем при использовании традиционного ионообменного способа.

3. Электрохимический способ водоподготовки следует применять на энергетических объектах в котловом контуре при условии использования только водотрубных водогрейных котлов, а в контурах «теплообменник – потребитель – теплообменник» систем отопления и горячего водоснабжения – для всех типов теплообменников (трубчатые, пластинчатые) и различных теплоносителей (горячая вода, пар).

4. Непременными условиями эффективной работы электрохимического аппарата являются:

правильный подбор его производительности с учетом карбонатной жесткости подпиточной воды, температурного графика и величины подпитки;

соблюдение технических параметров эксплуатации и сроков чистки от уловленных солей жесткости согласно режимной карте.

5. Обработка сетевой воды электрохимическим аппаратом при условии подпитки системы коррозионно-активной водой ($I_n < 0,3$) рациональна лишь при наличии дополнительной стадии стабилизационной подготовки подпиточной воды с целью повышения рН и жесткости. При этом показатель индекса насыщения должен измениться с отрицательного на положительный.

Литература

1. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. Госстрой России, М., 2004г.
2. Правила устройства и безопасности паровых котлов с давлением пара не более 0,07 мПа (0,7 кг/см²), водогрейных котлов и водонагревателей с температурой нагрева воды не выше 388К (115°C), МПО-ОБТ, М., 1992г.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Приказ Минерго РФ от 19.06.2003г. №229.
4. Потапов С.А., Егоров Г.М., Лесной С.М., Меламед А.М. Опыт ингибирования коррозии в недеаэрированной воде систем теплоснабжения // Новости теплоснабжения, № 10, 2003г., С. 50-53.
5. Андреев А.Г., Паньшин А.С. Об экономической эффективности акустических, противонакипных устройств в системах ГВС // Новости теплоснабжения № 6, 2004с 51-52.
6. Панфилъ П.А., Андреев А.Г., Ультразвуковая технология предотвращения образования накипи // Новости теплоснабжения, №7 2001, С. 43-45

7. Щелоков Я.М. О магнитной обработке воды // Новости теплоснабжения №8, 2002, с. 41-42
8. Банников В.В. Проблемы накипи и энергосбережения // Энергосбережения, № 3, 2005, с 59-60
9. Казимиров О.Е., Новый электрохимический способ водоподготовки для водогрейных котельных и тепловых пунктов // Новости теплоснабжения, №12, 2001 с 43-45
10. Богорош А.Т. Кинетика роста карбоната кальция в накипи и в водных растворах // Химия и технология воды, № 3 1983, с.205-209.
11. Гортиков В.М., Остапенко И.Г., Знак заряда карбоната кальция в связи с его образованием и составом равновесного раствора // Коллоидный журнал, т.1, в.4. 1935, с 303-315
12. Патент РФ № 37085 UCO2F 1/46 от 08.12.2003г.
13. Письменный Б.В., Чуйко Т.В., Чуйко В.Т. Электрохимическое выделение смешанного коллектора. // Химия и технологии воды, №5, 1985, с 41-43
14. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П., Водоподготовка и воднохимический режим тепловых сетей. М.: Энергоиздат, 1982, 200 с.
15. Казимиров Е.К. Опыт использования нового электрохимического способа водоподготовки в системах горячего водоснабжения: практика и экономическая эффективность // Новости теплоснабжения, 2003, №3, с.31-35

ПОДГОТОВКА ВОДЫ МЕТОДОМ ВИТАЛИЗАЦИИ ПРИБОРАМИ BIOBIRD® ФИРМЫ WEITZWASSERWELT

В.В.Шваб, ООО «Экотерм», г.Мытищи.

Важнейшим показателем состояния воды является ее структура, изменение которой происходит под любыми внешними воздействиями и может быть направлено как в положительную, так и отрицательную стороны для жизнедеятельности человека. При этом меняются многие физические параметры, в т.ч. химический и микробиологический состав по которым принято оценивать качество воды.

Причем вода загрязняется, как физически, так и информационно. Это вызвано состоянием трубопроводов и их трассами прохождения. Например, в большинстве жилых домов трубы холодного и горячего водоснабжения проложены параллельно канализационным трубам, а вода имеет способность запоминать информацию, как положительную, так и отрицательную, и долго ее сохранять. И как следствие, даже предварительно подготовленная вода со временем будет загрязнена.

Сама природа является ярким примером метода витализации воды (от латинского **vitalis**-жизненный). Этот метод очень эффективным образом сочетает в себе элементарные и в тоже время не всегда объяснимые процессы: турбулентия, намагничивание и перенос информации.

● Турбулентия

Подобно тому, как в природе вода бурлит, пробиваясь сквозь камни, в приборе **biobird** поток воды пропускается через завихрители благодаря чему возникает сильная турбулентия: вихревые потоки. Предполагается, что наличие вихревых потоков способствуют изменению всех макромолекул воды в размерах и по составу. А водородные связи в молекуле воды не могут выдержать перепада давления, что обуславливает повышенную чувствительность к внешним воздействиям, в результате чего происходит разрушение структуры вредных макромолекул воды и формирование их заново.

● Намагничивание

В результате намагничивания стальной внешней оболочки прибора **biobird** частотой естественного магнитного поля Земли (прим. 8 Гц) происходит преобразование кристаллов хлорида кальция. Известно, что одно и тоже вещество (химический ли элемент или соединение) могут встречаться в различных кристаллических фазах. Это называется явлением полиморфизма (многообразие форм). При переходе кальцита в арагонит происходит реконструктивное преобразование фаз под воздействием магнитного поля, при этом структура кальцита полностью исчезает и образуются маленькие кристаллы арагонита. Эти кристаллы более не способны откладываться на стенках трубопроводов и теплообменников, причем даже уже существующие отложения кальция и ржавчины исчезают.

● Перенос информации

В процессе турбулентии и намагничивания вода целенаправленно подготавливается к принятию новой энергетической информации, которую несет в вода в закрытых камерах прибора **biobird**. Такая передача энергетической информации основана на законе резонанса. Поэтому прибор **biobird** можно сравнить с копировальным прибором, с помощью которого, можно сделать какое угодно количество копий с оригинала, который от этого не сотрется и не изнашивается. Роль такого оригинала в приборе **biobird** выполняет вода – носитель информации и энергии, так называемый информационный катализатор.

Опыт практического применения в системах горячего водоснабжения в г.г. Мытищи Московской области (ОАО «Мытищинская теплосеть») и Пушкин Ленинградской области (ЗАО «Лентеплоснаб»).

Таким образом, в заключение хочется отметить:

1. За время испытаний на системах горячего водоснабжения в индивидуальном тепловом пункте жилого комплекса «Аист» (г. Мытищи) приборы **biobird BWV-Водовитализатор тип А** и газовой котельной (г. Пушкин) приборы **biobird BWV-910 Водовитализатор тип В**

производства фирмы «WEITZ GmbH–WEITZWASSERWELT» (Германия) поставки фирмы «V&V Importex GmbH» (Германия) показали высокое качество работы очистки воды и трубопроводов, подтвержденное данными испытаниями.

2. Приборы экологически безвредны, т.к. не используют реагентных добавок. Они могут полностью заменить реагентные и другие способы водоподготовки или улучшить их работу и снизить эксплуатационные затраты. Не требуют больших эксплуатационных расходов, как при установке, так и при последующей их эксплуатации. Работают стабильно и надежно без присутствия персонала и без потребления электроэнергии.

3 Приборы **biobird BWV-Водовитализаторы типа А и В** производства фирмы «WEITZ GmbH–WEITZWASSERWELT» (Германия) поставки фирмы «V&V Importex GmbH» (Германия) рекомендуются как

современное (приборы XXI века не имеющее аналогов), **надежное** (отсутствие конструктивных элементов, которые могут выйти из строя),

эффективное (положительный результат уже проявляется через 3-5 дней),

экономичное (значительно дешевле традиционных реагентных систем умягчения и обезжелезивания, не требующее дополнительных эксплуатационных затрат и не потребляющее электроэнергию),

экологичное (отсутствие реагентов и регенераций), **энергосберегающее** (чистая вода повышает коэффициент полезного действия и эффективность работы котлов, теплообменников, насосов, запорной и регулирующей арматуры, улучшает теплоотдачу отопительных приборов) **оборудование** для подготовки воды, очистки и защиты от накипи и коррозии теплоэнергетического оборудования и связанных с ним сетей.

**Сводная таблица
результатов химического анализа воды, проводимого при испытаниях
приборов biobird BWV-Водовитализатор тип А**

Дата	Точка забора пробы	Водородный показатель pH, ед. pH	Жесткость общая, мг-экв/дм ³	Щелочность, ммоль/дм ³	Железо общее, мг/дм ³
		6-9	7,0	-	0,3
25.05.06	Исходная вода	6,97	3,1	2,35	0,06
	Возвращаемая из дома	6,48	3,0	2,3	0,19
	После приборов	6,97	3,0	2,3	0,243
29.05.06	Исходная вода				0,07
	Возвращаемая из дома				0,735
	После приборов				0,175
01.06.06	Исходная вода	7,7	2,6	1,9	0,06
	Возвращаемая из дома	7,17	2,6	1,9	0,525
	После приборов	7,22	2,6	1,85	0,12
05.06.06	Исходная вода	7,05	2,8	2,1	0,113
	Возвращаемая из дома	7,11	3,0	2,2	1,28
	После приборов	7,23	2,8	2,2	0,265
09.06.06	Исходная вода				0,095
	Возвращаемая из дома				0,575
	После приборов				0,385
13.06.06	Исходная вода	7,06	2,5	1,95	0,11
	Возвращаемая из дома	7,12	2,55	1,95	0,565
	После приборов	7,19	2,5	1,9	0,225

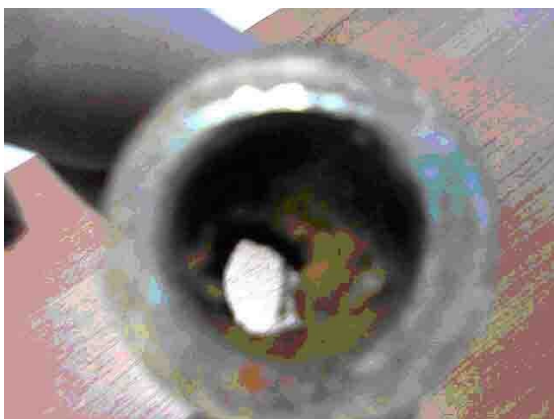
16.06.06	Исходная вода	7,11	2,7	2,0	0,205
	Возвращаемая из дома	7,13	2,65	2,0	0,28
	После приборов	7,21	2,6	2,05	0,165
21.06.06	Исходная вода	7,12	2,7	2,05	0,125
	Возвращаемая из дома	7,16	2,65	2,05	0,275
	После приборов	7,19	2,7	2,15	0,175
26.06.06	Исходная вода	7,18	2,7	2,05	0,08
	Возвращаемая из дома	7,14	2,65	2,05	0,235
	После приборов	7,23	2,65	2,05	0,205
10.07.06	Исходная вода	6,98	2,75	1,9	0,4
	Возвращаемая из дома	7,04	2,45	1,85	0,42
	После приборов	7,08	2,5	1,85	0,23
25.08.06	Исходная вода	6,99	2,5	1,75	0,42
	Возвращаемая из дома	7,03	2,65	1,8	0,53
	После приборов	7,2	2,425	1,75	0,26
07.09.06	Исходная вода	6,85	2,48	1,75	0,15
	Возвращаемая из дома	6,92	2,48	1,75	0,58
	После приборов	6,94	2,48	1,77	0,65
15.09.06	Исходная вода	7,0	2,5	1,8	0,15
	Возвращаемая из дома	6,94	2,47	1,8	0,3
	После приборов	7,02	2,55	1,75	0,22
27.11.06	Исходная вода	7,3	2,67	1,9	0,016
	Возвращаемая из дома	7,7	2,6	1,95	0,014
	После приборов	7,69	2,6	1,95	0,0012



Фото № 1



Фото № 2



Φοτο Νο 3



Φοτο Νο 4



Φοτο Νο 5



Φοτο Νο 6



Фото № 7

ВНЕДРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ШЛАМОТВОДИТЕЛЕЙ OISM И MOS – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Е.Л. Апарин, «НПФ «РАСКО», г. Москва.

Совершенствование и модернизация существующих систем теплоснабжения являются необходимыми условиями на пути снижения затрат в процессах управления тепловой энергией.

Важнейшими из задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, являются:

- обеспечение защиты внутренних поверхностей проточной части котлов, теплообменников, и другого отопительного оборудования от отложений накипи, ухудшающей процесс теплопередачи;
- удаление шлама, продуктов коррозии и ранее образовавшихся отложений из систем теплоснабжения;
- предотвращение аварий из-за «обрастания» или «зашламования» котлов, теплообменников, отопительных приборов, теплопроводов, насосов, счетчиков тепла и другого рабочего и контрольно-измерительного оборудования;
- уменьшение количества химических промывок и продление ресурса котлов, теплообменников и другого оборудования;
- снижение затрат на проведение регламентных работ;

Основное условие по совершенствованию и модернизации тепловых систем – это улучшение качества циркуляционной воды и ограничение процессов коррозии.

Вопросам обеспечения качества воды в настоящее время уделяется большое внимание. Требования к системам водоподготовки регламентированы Санитарными нормами и правилами. Примерные требования к качеству циркуляционной воды в некоторых европейских странах приведены в таблице¹.

1

Таблица 1

Показатель	ПОЛЬША	ГЕРМАНИЯ	ДАНИЯ	РОССИЯ	УКРАИНА
Внешний вид	-	прозрачная	прозрачная	-	-
Запах	-	без запаха	без запаха	-	-
Содержание					
кислорода	≤ 0,05	< 0,01	-	0,05	0,05
[мг/л]					
Содержание					
железа	≤ 0,1	< 0,03	≤ 0,1	0,3	0,5
[мг/л]					
Взвеш. вещ.		чистая, без	чистая, без		
[мг/л]	≤ 5	осадка	осадка	5,0	5,0
Прозрачность					
[см]	-	-	прозрачная	40	30
Цветность					
[град.]	-	-	бесцветная	20	20

²Однако, не смотря на привлечение больших инвестиций, значительные

эксплуатационные затраты, участие факторов энергетической химии, достичь желаемого результата часто не представляется возможным.

В системах, отличающихся высоким уровнем модернизации технологии водоподготовки, также возникают серьезные затруднения в достижении требуемых нормативных значений, которые характеризуются следующими показателями:

- уровнем общего содержания железа,
- уровнем общего содержания взвешенных веществ,
- цветности воды.

«Научно-производственная фирма «РАСКО» (г. Москва) предлагает альтернативный метод улучшения качества сетевой воды систем теплоснабжения.

Рекомендуемый метод заключается в том, что вполне достаточно оборудовать существующую систему теплоснабжения магнитными шламоотводителями OISm и MOS (МШО), обеспечивающими возможность устранения как причин, так и последствий плохого качества циркуляционной воды. Достоинство метода в его эффективности, низкой стоимости, отсутствии негативного влияния на экологию (без участия факторов энергетической химии), возможности модернизации без коренного изменения технологии (необходима только корректировка некоторых параметров системы).

В оборудованной таким образом системе достижение высокого качества циркуляционной воды возможно независимо от текущего состояния процесса подготовки подпиточной воды и при отсутствии необходимости обеспечения требуемой химической корректировки противоосадочных и антикоррозийных свойств.

Внешний вид и конструкция МШО представлена на рис.1.

Магнитный шламоотводитель состоит из цилиндрического корпуса, оборудованного входным и выходным патрубками, съемного профилированного вкладыша, размещенного внутри корпуса, и сетчатого фильтра. Профилированный вкладыш имеет перегородки, определяющие направление и скорость прохождения циркуляционной воды. На перегородках расположены в установленном порядке постоянные магниты. Отверстие выходного патрубка перекрыто изнутри сетчатым фильтром. Все элементы МШО выполнены с учетом обеспечения легкости демонтажа с целью нетрудоемкой и тщательной их очистки.

В процессе работы последовательно реализуются три принципа очистки сетевой воды:

- седиментационный,
- магнитный,
- фильтрационный.

При прохождении через аппарат поток «зашламованной» сетевой воды (суспензии) поступает в лабиринт, организованный специальными перегородками и постоянными магнитами. За счет снижения скорости воды в несколько раз самые крупные частицы загрязнений оседают под действием силы тяжести в нижнюю часть корпуса - шламовую камеру, расположенную под сетчатым дном. Более мелкие частицы, обладающие парамагнитными свойствами, улавливаются магнитами, образуя на них агломераты. Внутри корпуса МШО, перед выходным патрубком располагается сетчатый фильтр с большой фильтрационной площадью, задачей которого является задержание содержащихся в сетевой воде минеральных и органических частиц и защита от попадания в систему ранее задержанных парамагнитных агломератов.

Главное достоинство МШО заключается в способности к улавливанию магнитным полем загрязнений в виде частиц размером от 0,5 микрон и более без участия фильтрующей сетки. В итоге ограничивается возможность закупоривания сетчатого фильтра и тем самым уменьшается динамика роста гидравлического сопротивления потока циркуляционной воды.

Благодаря магнитной обработке сетевой воды происходит значительный рост центров кристаллизации солей кальция и других, содержащихся в воде, минеральных компонентов. При этом кристаллизация происходит не на стенках теплообменников, труб и других контактирующих с водой деталей, а в потоке воды. Образующийся шлам выносится потоком из зоны теплообмена и затем оседает в шламоотводителе.

Защита от коррозии и удаление с поверхности металла ранее образовавшихся отложений связаны главным образом с выпадением магнетита в результате процессов кислородной коррозии металла и образовании оксидной защитной пленки.

Магнитные шламоотводители OISm и MOS полностью безопасны в экологическом отношении, так как для очистки и обработки сетевой воды они не требуют применения химических реагентов и обеспечения питания каким-либо видом энергии.

Рекомендуемый нами метод обеспечивает возможность высокоэффективного повышения качества циркуляционной воды в высокопараметрическом и низкопараметрическом контуре системы центрального отопления и горячего водоснабжения как закрытого, так и открытого типа. Они устанавливаются на обратных вводах котлов и прямых вводах теплообменников высокопараметрического контура и обратных вводах теплообменников низкопараметрического контура.

В настоящее время магнитные шламоотводители MOS и OISm установлены и эффективно работают в различных регионах России. Большой опыт накоплен на предприятиях Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона.

Оценка эффективности применения МШО и повышения качества сетевой воды производилась на основании так называемого **качественного и количественного эффектов** [1].

Качественным эффектом считается состояние теплонапряженных поверхностей всех элементов, работающих в условиях разрушающего воздействия циркуляционной воды. Необходимо стремиться к обеспечению наиболее эффективного теплообмена через металлические стенки оборудования, и поэтому вода, являющаяся главным теплоносителем, должна быть в контакте непосредственно с чистым металлом, на поверхности которого не должны находиться какие-либо отложения в виде накипи и продуктов коррозии.

Под **количественном эффектом** понимаются значения показателей уровня общего содержания железа, взвешенных веществ и цветности воды, соответствующих представленным в таблице 1 показателям. Относится это главным образом к **эффекту**, связанному с сохранением свойственных циркуляционной воде уровней концентрации железа и взвешенных веществ в виде мелких частиц коррозионного происхождения.

В качестве примера рассмотрим результаты модернизации некоторых систем теплоснабжения, которые были получены на объектах, отличающихся между собой как уровнем совершенствования, так и исходным состоянием в отношении качества сетевой воды и технологии подготовки воды подпитки.

Модернизация систем теплоснабжения г.Колпино и ОАО «Ижорские заводы в Санкт-Петербурге.

Схема тепловой сети представляет собой классическую систему теплоснабжения в двухтрубном исполнении. Диаметры подающих и обратных трубопроводов – от 500 до 800 мм. Общий расход воды от 2000 м³/ч до 6000 м³/ч. Характеристика качества сетевой воды, поступавшей в город за период 1996-2000 гг., не удовлетворяла требованиям санитарных норм. Источники тепла - котлы ПТВМ-50 и КВГМ-100, нуждались в ежегодной химической промывке теплообменных поверхностей «трубных досок котлов» от образовавшихся отложений.

После оснащения системы теплоснабжения магнитными шламоотводителями MOS 800/400 суммарной производительностью 11040 м³/ч, отмечается **качественный эффект** в виде снижения интенсивности процессов накипеобразования и уменьшения удельного количества отложений с 200 г/м² до 25 г/м² в год и **количественный эффект в виде снижения** содержание железа до 0,18 мг/л (60% норматива) и цветности до 16 град. (80% норматива), что практически означает совпадение значений этих показателей со значениями для воды подпитки.

Впервые, в период отопительных сезонов 2000/2001 и 2001/2002, не произошел рост полного гидравлического сопротивления котлов, что явилось следствием кардинального ограничения процессов накипеобразования на внутренних поверхностях трубопроводов и

повышения качества сетевой воды.

Модернизация котельной и системы теплоснабжения ОАО «ОЛКОН » (г. Оленегорск, Мурманская область).

Рассматриваемая система теплоснабжения представляет собой систему с циркуляцией воды 2000 м³/ч для городской зоны и 850 м³/ч для промышленной зоны. К моменту начала модернизации значения показателей качества воды были на много выше нормативных требований. Содержание железа в сетевой воде составляло от 2,5 мг/л до 8,1 мг/л, т.е. было более чем в 15 раз выше нормативного. Цветность достигала 200 град. и не снижалась ниже уровня 120 град., что означало превышение нормы более, чем в 5,5 раз.

В ходе модернизации были установлены 2 МШО типа MOS 800/400 на обратных трубопроводах городской зоны и один MOS 800/400 - промышленной зоны.

В результате содержание железа в сетевой воде снизилось и удерживалось на уровне нормативного значения 0,3 мг/л (вода подпитки – в среднем 0,17 мг/л), цветность – на уровне незначительно выше нормативного – 29 град. (вода подпитки – в среднем 22 град.). Получен качественный эффект в виде существенного сокращения объема ремонтных работ по теплообменному оборудованию. Перед оснащением системы МШО, очистке подвергались каждый год обязательно все восемь подогревателей циркуляционной воды. Начиная с отопительного сезона 2001-2002 г.г. ни один из восьми подогревателей в очистке не нуждался. В результате произведенного обследования установлено, что трубки пучков подогревателей сетевой воды практически чистые, а наличие шлама отмечается менее чем в 1% трубок.

Отмечено изменение цвета стенок МШО, что свидетельствует о росте содержания магнетита, как конечного продукта происходящих окислительных реакций. Это является характерным **качественным эффектом**, подтверждающим ограничение процессов коррозии вследствие применения в системах теплоснабжения магнитных шламоотводителей типа OISm и MOS.

Модернизация «Коломяжской котельной», г. Санкт-Петербург.

Установленная мощность котельной 750 Гкал. Основной целью модернизации было снижение гидравлического сопротивления котлоагрегатов, в частности, защита от так называемых «заносов» в начале отопительного сезона продуктами коррозии, которые накапливаются в большом количестве во внутренних системах отопления зданий и сооружений в течение 5-6 месяцев межотопительного периода. Все это приводило к росту гидравлического сопротивления котлов и необходимости частых промывок.

В 2004 г. было установлено четыре магнитных шламоотводителя MOS 1200/600 на обратном трубопроводе перед сетевыми насосами котлоагрегатов КВГМ-180 суммарной производительностью по очистке воды 4 x 2000 м³/ч = 8000 м³/ч. Из графика, приведенного на рис.8, видно, что после установки МШО в отопительном сезоне 2004-2005 г.г. гидравлическое сопротивление котла КВГМ-180 стабилизировалось и дальнейших тенденций к росту не наблюдалось.

Кроме того магнитные шламоотводители MOS установлены и успешно эксплуатируются на 2-й Красногвардейской котельной (мощность 120Гкал, параллельно два MOS 800/400 суммарной производительностью 2300 м³/ч, на обратном трубопроводе котлоагрегата ПТВМ-50М), Приморской котельной (мощность 550Гкал, параллельно три MOS 800/400 суммарной производительностью 3450 м³/ч, на обратном трубопроводе перед подогревателем сетевой воды), ЦТП Латышских стрелков (MOS 500/250 производительностью 400 м³/ч на 1-м и 2-м контурах перед пластинчатым теплообменником) ГУП ТЭК Санкт-Петербурга.

По состоянию на 01.01.2007 года на объектах ГУП "ТЭК СПб" эксплуатируется 72 магнитных шламоотводителя обоих типов (.MOS и OISm) из них 54 аппарата производительностью от 500 до 2600 м³/ч.

На основании накопленного опыта эксплуатации можно утверждать, что на рынке средств очистки воды в различных системах теплоснабжения магнитные шламоотводители

не имеют альтернативы, поскольку характеризуются следующими редко сочетающимися характеристиками:

- высокой эффективностью по очистке сетевой воды от отложений,
- большой производительностью,
- низким гидравлическим сопротивлением,
- высокой грязеемкостью,
- высокими магнетизирующими свойствами, обеспечивающими возможность

эффективно очищать сетевую воду и систему теплоснабжения от ранее образовавшихся отложений.

Следует отметить, что МШО устанавливаются не только в циркуляционных контурах систем теплоснабжения на обратных трубопроводах котельных, но и на вводах ЦТП, ИТП, узлов учета тепла с целью защиты от отложений и коррозии теплообменников, насосов, датчиков, контрольно-измерительной аппаратуры, тепловых сетей и внутренней инженерной разводки жилых зданий и сооружений.

Выводы.

1. Предложен эффективный метод повышения качества сетевой воды и снижения интенсивности процессов коррозии в существующих системах теплоснабжения, посредством установки шламоотводителей типа OISm и MOS, наиболее полно отвечающий требованиям проектировщиков и конечных потребителей.
2. Эффективность метода подтверждена опытом многолетней эксплуатации в нашей стране на ряде предприятий Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона России.
3. Предлагаемый метод с успехом может быть принят в качестве основного при модернизации действующих и создании новых систем теплоснабжения и распространен на другие регионы, включая Москву и Московскую область.

Литература.

1. Е.Л. Апарин, к.т.н., Ю.К. Корольский, В.Деделис. Внедрение магнитных шламоотводителей – метод повышения энергоэффективности систем теплоснабжения//Энергосбережение.2006. №4.

ООО «НПФ РАСКО»

123458, Россия, Москва, а/я 11

Тел./факс: (495) 970-1683

E-mail: info@pasko.ru

Интернет: www.pasko.ru

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ЦЕХОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАБОТЫ

А.Г. Салов, СамГТУ, г. Самара

Задача химических цехов тепловых электрических станции обеспечивать потребности энергетического оборудования в обессоленной воде и восполнять потери тепловых сетей в умягченной воде. Теплоэлектроцентрали, имеющие тепловые сети с открытой системой горячего водоснабжения, как правило, оснащены установками подпитки тепловой сети производительностью несколько тысяч тонн в час.

При использовании прямоточных технологий очистки воды и сульфогля в качестве карбоксильного катионита, установка подпитки тепловой сети такой производительности включает в себя до 50-70 фильтров диаметром 3000-3400 мм.

До 1990 года, когда стоимость воды и реагентов для её очистки была неоправданно низкой, затраты на подготовку воды были существенно ниже других затрат, связанных с производством тепловой и электрической энергии. В этих условиях не возникало проблем с повышением эффективности использования существующих установок.

В условиях перехода к рыночной экономике возникла необходимость в повышении экономичности работы установок водоподготовки в схемах централизованного теплоснабжения [1,2].

Установка подпитки тепловой сети включает в себя блоки фильтров, в которых осуществляется очистка воды методом ионного обмена, узел приготовления регенерационного раствора, узел ввода коррекционного раствора и узел нейтрализации.

С целью выбора наиболее эффективных путей модернизации существующих водоподготовительных установок тепловых электрических станций рассмотрим блок схему процесса подготовки воды, представленную на рисунке 1.

На схеме установка подпитки тепловой сети условно представлена в виде двух блоков – непосредственно самой установки, включающей в себя блоки фильтров, узел приготовления регенерационного раствора, узел ввода коррекционного раствора, узел нейтрализации и блока элементов управления, включающего в себя регулируемую и запорную арматуру, насосы дозаторы.

Блок управляющая система – включает в себя также элемент, который контролирует процесс умягчения воды, по её качественным показателям, количество работающих фильтров, обеспечивающих необходимую производительность, состояние этих фильтров и последовательность их вывода на регенерации или включения в работу. В настоящее время это – оператор, в идеальном случае – автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП).

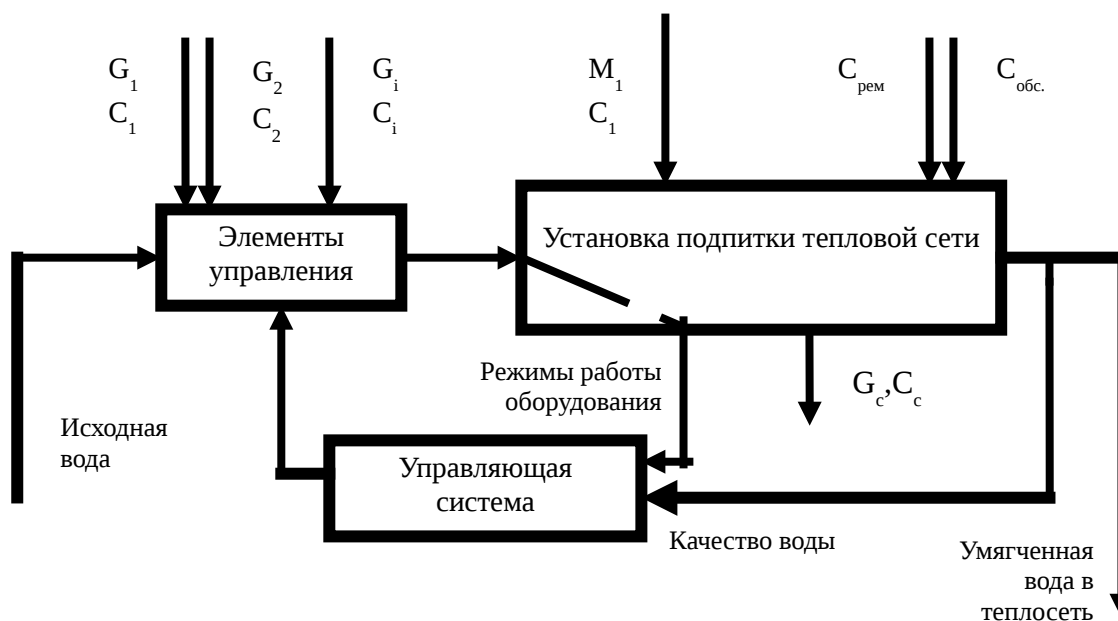


Рис. 1 Блок-схема процесса подготовки воды для подпитки тепловой сети в химическом цехе станции.

В процессе работы управляющая система, оценивая состояние оборудования, с помощью системы управления, управляет производительностью фильтров, осуществляет при необходимости их вывод на регенерацию, проводит регенерацию, последующую отмывку и подготовку фильтров к работе. При этом в установку подается регенерирующий раствор, приготовленный в узле подготовки регенерационного раствора, вода на отмывку фильтра после регенерации, которая затем сбрасывается в узел нейтрализации. Периодически фильтры догружаются ионообменным материалом.

Для поддержания установки в работоспособном состоянии осуществляется её текущее обслуживание и периодический ремонт.

Затраты на поддержание установки в рабочем состоянии, при требуемом качестве воды, может быть описано соотношением, в которое с соответствующими весами входят: реагенты, материалы, вода, затраты на текущий и капитальный ремонты.

$$(Z = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \cdot G_i + C_i \cdot M_i + C_c \cdot G_c + C_{рем} + C_{обс} \rightarrow \min \quad (1)$$

где: C_i – стоимость воды на собственные нужды, стоимость кислоты, идущей на регенерацию, стоимость реагентов узла нейтрализации, узла ввода коррекционного раствора;

G_i – расходы соответствующих материалов и воды;

C_1 – стоимость фильтрующего материала;

M_1 – масса фильтрующего материала;

C_c – стоимость стоков;

G_c – расход стоков;

$C_{рем}$ – стоимость ежегодного ремонта оборудования;

$C_{обс}$ – ежегодные затраты на обслуживание оборудования.

Задача оптимизации работы водоподготовительной установки состоит в минимизации функционала (1).

Анализ режимов работы установки и слагаемых функционала (1) показал, что для снижения себестоимости подготовленной воды в соответствии с вкладом каждого составляющего в функционале необходимо провести следующую модернизацию установки:

- минимизировать число используемого оборудования;
- снизить затраты на ремонт обвязки фильтров и арматуры;
- сократить потери на собственные нужды;
- исключить субъективные ошибки оператора при выборе режимов работы установки.

Сравнение ионообменных свойств карбоксильных катионитов зарубежных фирм со свойствами сульфоугля показало широкую возможность реконструкции водоподготовительных установок, так как карбоксильный катионит обладает следующими преимуществами по сравнению с сульфоуглём:

- удельная объёмная ёмкость поглощения выше более, чем в 10 раз;
- высокая механическая прочность;
- скорость фильтрации в 2-3 раза превышает скорость для сульфоугля.

На основании изложенного были сформулированы и реализованы подходы к реконструкции установки подпитки тепловой сети на ТЭЦ ВАЗ производительностью 3 000 т/час [2].

До реконструкции установка подпитки тепловой сети состояла из:

- шести блоков производительностью 500 т/час, включающих в себя 6 фильтров типа ФИПА-3,4-0,6 диаметром 3,4 м;
- узла приготовления регенерационного раствора;
- шести декарбонизаторов пленочного типа;
- узла сбора и откачки промывочных вод;
- узла нейтрализации стоков;
- узла коррекционной обработки воды.

Установка работала по схеме одноступенчатого Н-катионирования. Управление работой фильтров и установкой осуществлялось вручную.

Ниже рассмотрим подробнее технические решения сформулированных выше путей снижения себестоимости умягченной воды.

Минимизация количества используемого оборудования достигалась путем повышения производительности фильтров. Замена сульфоугля на карбоксильный катионит позволила уменьшить объём фильтрующего материала, увеличить фильтроцикл до 16-18 часов и поднять производительность каждого фильтра в два раза, что позволило в два раза уменьшить количество работающих фильтров при неизменной производительности установки. Повышение расходов воды через фильтр привело к необходимости увеличения сечения трубопроводов обвязки фильтров, а стремление к повышению экономичности работы фильтров – оснащения фильтров верхними дренажными устройствами, позволяющими достигнуть равномерности распределения воды по сечению фильтров.

Уменьшение выноса фильтрующего материала при взрыхлениях достигалось путем размещения над катионитом инертного материала, которым являются полиэтиленовые шарики диаметром четыре миллиметра. Объём инертного материала определялся по объёму сферической части фильтра и объёмом цилиндрической части высотой 300 мм.

Уменьшение количества работающих фильтров привело к уменьшению числа используемой арматуры, установленной на установке.

Шесть декарбонизаторов пленочного типа производительностью 500 т/час в процессе реконструкции заменены на струйные модернизированные декарбонизаторы ВТИ производительностью 1000 т/час.

Затраты на текущий ремонт установки до реконструкции в основном определялись стоимостью ежегодной ревизии трубопроводов обвязки фильтров и ремонтом их

антикоррозионного покрытия. При реконструкции было принято решение заменить все трубопроводы обвязки установки на трубопроводы из полиэтилена низкого давления.

На установке в качестве запорной арматуры использовалась арматура типа заслонка фирмы «Арматек» с пневмогидроприводами. Регулирование работы блоков и установки осуществляется регулирующими заслонками этой же фирмы укомплектованными электроприводами.

Описанные выше мероприятия позволили существенно сократить затраты на текущий ремонт оборудования.

В процессе реконструкции на установке была внедрена автоматизированная система управления процессом химической очистки воды, которая является комплексной и охватывает все технологические узлы процесса химической подготовки воды. Внедренная автоматизированная система управления является многоуровневой и многофункциональной с распределенным вводом выводом информационных и управляющих сигналов [3,4]. Система управления включает в себя три подсистемы, которые выполняют следующие функции.

- Информационно-измерительная подсистема осуществляет контроль протекания технологического процесса и состояния используемого оборудования, выдает информацию о нем оператору, сигнализирует об отклонениях контролируемых параметров от заданных значений и о возникновении нештатных ситуаций.
- Управляющая система осуществляет автоматическое регулирование производительности блоков, качества умягченной воды, уровней в баках аккумуляторов, концентраций реагентных растворов и расходов реагентов.
- Вспомогательная система представляет информацию о работе оборудования обслуживающему персоналу с расчетом текущей ёмкости поглощения ионообменного материала каждого фильтра, расхода воды на собственные нужды, расходов реагентов, суммарной выработки умягченной воды; формирует ведомости работы технологического оборудования; осуществляет ведение технологического процесса, соответствующего режимной карте.

Реализация сформулированных выше направлений реконструкции установки подпитки тепловой сети на ТЭЦ Волжского автозавода позволила существенно уменьшить удельные расходы реагентов и воды на собственные нужды за счет возврата части отмывочной воды в рабочий цикл, наиболее полного срабатывания объёмной ёмкости анионита.

После реконструкции первого блока была проведена оценка экономической эффективности реконструкции установки подпитки тепловой сети по фактически полученным результатам эксплуатации реконструированного блока в течение трех лет [5].

Оценка эффективности реконструкции проведена в ценах 2001 года для блока производительностью 1000 м³/час.

Полная стоимость реконструкции блока, включающая в себя долю стоимости реконструкции узла нейтрализации и откачки промывочных вод, узла подготовки регенерирующего раствора составила

$$K = 11\,686\,300 \text{ рублей.}$$

При расчете текущих эксплуатационных затрат учитывались следующие показатели:

- снижение расходов воды на собственные нужды с 10,25 до 4,9 %;
- снижение количества стоков на такую же величину;
- уменьшение затрат тепла, необходимого для подогрева сэкономленного количества холодной воды до необходимой температуры для эффективного протекания ионообменных процессов в фильтрах;



- снижение затрат на реагенты;
 - уменьшение ежегодных затрат на приобретение фильтрующего материала (досыпка сульфогля – 20 % в год, ионообменные смолы – 2 % в год);
 - снижение в 8 раз затрат на текущий ремонт и обслуживание арматуры.
- Суммарная величина годовой экономии текущих затрат составила:

$$C_3 = 3\,698\,615 \text{ рублей/год}$$

Срок окупаемости выполненной реконструкции составил:

$$CO = K/C_3 = 11\,686\,300 / 3\,698\,615 = 3,16 \text{ года}$$

Полученная фактическая экономия показала эффективность проведенной реконструкции и целесообразность её дальнейшего проведения. На настоящий момент реконструированы 4 из 6 блоков производительностью 1 000 м³/час каждый, два узла подготовки регенерационного раствора, узел нейтрализации и откачки промывочных вод, два узла ввода коррекционного раствора. Реконструкция двух оставшихся блоков будет проведена в 2008 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремезенцев А.Б., Алфеев А.А., Иванов В.А., Салов А.Г., Серенков В.Е. Реконструкция установки подпитки тепловой сети ТЭИ ВАЗ с внедрением автоматизированной системы управления // Вестник СамГТУ, серия «Технические науки», №24 – 2004 г., с. 187-190
2. Ремезенцев А.Б., Алфеев А.А., Иванов В.А., Солодяников В.В., Салов А.Г., Серенков В.Е. Пути повышения экономичности работы установки подпитки тепловой сети химических цехов электростанции // Проблемы развития централизованного теплоснабжения: Материалы международной научно-практической конференции – Самара, 2004 – С. 338-341.
3. Ремезенцев А.Б., Алфеев А.А., Иванов В.А., Солодяников В.В., Салов А.Г., Серенков В.Е. Основные направления внедрения энергосберегающих технологий системы подготовки подпиточной воды тепловых сетей теплоэлектроцентралей // Актуальные проблемы энергетики. Энергоресурсосбережение: Труды второй Всероссийской научно-практической конференции. - Самара, 2004 – С.80-82.
4. Салов А.Г., Серенков В.Е., Колпащиков С.А., Данилушкин И.А. Автоматизация системы управления процессом подпитки тепловой сети // Актуальные проблемы энергетики. Энергоресурсосбережение: Труды второй Всероссийской научно-практической конференции. - Самара, 2004 – С.84-88.
5. Салов А.Г., Алфеев А.А., Иванов В.А. Экономическая оценка эффективности реконструкции установки подпитки тепловой сети ТЭЦ ВАЗ с внедрением АСУ ТП // Труды второй Всероссийской научно-практической конференции «Мехатроника, автоматизация, управление», Сб. трудов, Том-1, Уфа, 2005 с. 374-378.