

**Ассоциация «РОСХИМРЕАКТИВ»
ООО «НПФ «ТРАВЕРС»
АО «ЭКСПОЦЕНТР»**

**IX НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ
И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ
И НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ»**

**в рамках Международной выставки «ХИМИЯ-2021»
«ЭКСПОЦЕНТР» на Красной Пресне**

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

26-27 октября 2021 года

г. Москва

УДК 621.311.22, 621.182.12
ББК 31.37

IX НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ
И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ И НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ»

В сборнике представлены доклады ведущих специалистов о современных технологиях водоподготовки, разработках реагентов и технологий их применения. Основу сборника составляют результаты опытно-промышленных испытаний на энергетических объектах с целью определения эффективности реагентов. Опубликованы данные теоретических и экспериментальных исследований механизма ингибирования солеотложений с применением современных методов физико-химического анализа.

Материалы сборника представляют интерес для широкого круга специалистов, работающих в области энергетики.

26-27 октября 2021 года
г. Москва, «ЭКСПОЦЕНТР» на Красной Пресне
в рамках Международной выставки «ХИМИЯ-2021»

Организаторы: Ассоциация «РОСХИМПРЕАКТИВ», ООО «НПФ «ТРАВЕРС», АО «ЭКСПОЦЕНТР».

При участии: Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский Государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «НИУ «МГСУ»), Российского Союза химиков, НП «Российское теплоснабжение».

УДК 621.311.22, 621.182.12
ББК 31.37
ISBN 978-5-9500839-2-1

Настоящие материалы конференции созданы на основании информации, предоставленной участниками конференции.

©ООО «НПФ «ТРАВЕРС», 2021 год,
107023, г. Москва, ул. Электrozаводская,
д. 24, стр. 3

Материалы докладов публикуются в авторской версии. Организаторы не несут ответственности за неточности и упущения в названиях и адресах, представленных в данном сборнике.

Содержание

Результаты применения реагентов АМИНАТ™ в системах теплоснабжения Самарской области <i>Рудакова Г.Я., Мирскова Т.А.</i>	5
Совершенствование технологий водоподготовки методом обратного осмоса путем получения ингибирующих веществ с новыми свойствами <i>Первов А. Г., Андрианов А. П., Спицов Д. В.</i>	8
Применение ионообменных смол в системах очистки конденсатов <i>Е. В. Угай</i>	11
Сопоставление результатов лабораторных и промышленных испытаний по влиянию аминокислородсодержащих реагентов АМИНАТ ПК на динамическую обменную емкость катионита КУ-2-8 в схемах конденсатоочистки <i>М. В. Бутакова, О. В. Гусева, С. М. Прорехин</i>	13
Применение современных аналитических методов для решения прикладных задач на энергетических объектах <i>Ю.М. Дикарева, М.В. Бутакова, Г.Д. Сухов, Д.В. Губин</i>	19
Опыт проведения химической отмывки паровых котлов без останова <i>С.М. Прорехин, О.В. Гусева</i>	23
Опыт применения технических моющих средств при проведении химических очисток конденсаторов на ТЭС и АЭС <i>И. В. Левитина, В. Е. Кулов, Г.В. фон Цимфер, А. Е. Верховский</i>	31

Алгоритм дозирования аминокислотосодержащих корректирующих реагентов в котел утилизатор при последовательной схеме подачи питательной воды

А. Е. Верховский, С. В. Кует, В. Е. Кулов.....34

Современные подходы к комплексному решению задач подготовки пробы и контролю качества водных теплоносителей энергетических объектов

С. В. Кует, А. Е. Верховский38

Восстановление обменной емкости катионитов в процессе регенерации с использованием реагента АМИНАТTM ДС

О. В. Гусева53

Опыт внедрения универсальной технологии динамического осветления для очистки природных и сточных вод («Опыт внедрения технологии Диклар для очистки природных и сточных вод, а также для водооборотных систем с вентиляторными градирнями»)

И. С. Балаев, Н. Е. Спиридонов.....56

Поиск новых технологических решений для окисления и осаждения растворенного железа в подземной воде

В. А. Смирнов, М. С. Волхонов.....64

Направления развития технологий аналитического химического контроля при водоподготовке и эксплуатации котлового оборудования

Муравьев А. Г.69

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТОВ АМИНАТ™ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Рудакова Г.Я.¹, Мирскова Т.А.²

¹ООО «НПФ «ТРАВЕРС», Москва, Россия

²ООО "СамРЭК - Эксплуатация", Самара, Россия

E-mail: rudakova@travers.su

Общество с ограниченной ответственностью «СамРЭК-Эксплуатация» основано 29 января 2013 г. Учредителем общества является АО «СамРЭК». ООО «СамРЭК-Эксплуатация» образовано с целью решения социально-экономических проблем в Самарской области по надёжному и бесперебойному обеспечению теплом, горячей, холодной водой и водоотведением населения и предприятий области и сокращения расходов по оплате топливно-энергетических ресурсов, энергетических услуг.

ООО «СамРЭК-Эксплуатация» эксплуатирует на территории Самарской области 223 объекта теплоснабжения:

- 210 отопительных котельных;
- 6 центральных тепловых пунктов;
- 3 повысительно-насосные станции;
- 4 тепловые сети, транспортирующие покупную тепловую энергию.

Общая протяженность эксплуатируемых сетей теплоснабжения составляет 306,1 км.

На объектах теплоснабжения эксплуатируемых ООО «СамРЭК-Эксплуатация» до 2020 года был организован стабилизационный водно-химический режим с использованием ингибитора накипеобразования и коррозии («комплексоната») Оптион 590–2.

По завершению очередного отопительного сезона (2019–2020 г.г.) и факту обязательных химических промывок оборудования на всех объектах сотрудниками ООО «СамРЭК-Эксплуатация» был сделан вывод о нецелесообразности использования комплексоната Оптион 590–2, так как основную задачу по обеспечению

предотвращения образования отложений накипи на теплопередающих поверхностях оборудования систем теплоснабжения он не обеспечивает.

Кроме того, как показали исследования, проведенные специалистами ВТИ, цинксодержащие комплексоны мало эффективны в качестве ингибиторов коррозии в недеаэрированных «мягких» водах. Согласно СанПиН 1.2.3685–21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" разрешенная доза фосфонатов цинка в теплоносителе объектов хозяйственно-бытового назначения не должна превышать 0,6 мг/дм³ (по активному веществу) или 4 мг/дм³ по реагенту, что ограничивает область их применения. Рекомендованная доза Оптиона 590–2, согласно отчетам наладочных организаций, составляет 6–10 мг/дм³ в зависимости от качества исходной воды. И даже превышение норм гигиенических нормативов не предотвращает накипеобразование на теплопередающих поверхностях.

Учитывая выше приведенные факторы с началом отопительного сезона 2020–2021 г.г. на четырнадцати объектах ООО «СамРЭК-Эксплуатация» экспериментально начали использовать реагенты АМИНАТТМ А — для закрытых систем теплоснабжения, АМИНАТТМ Кв — для открытых систем теплоснабжения.

Контроль ВХР котельных сначала ежесуточный, затем еженедельный по графику показал постоянство величины общей жесткости подпиточной и оборотной воды, что свидетельствовало об отсутствии в данных системах процессов накипеобразования, а постоянство содержания железа в подпиточной и оборотной воде можно объяснить подавлением процессов коррозии теплообменного оборудования.

Что касается оборудования. Количество промывок теплообменников снизилось в 12 раз. Снизилось количество промывочных реагентов, в некоторых случаях достаточно было промыть водой рыхлый налет на пластинах, чтобы привести перепад вход — выход воды на теплообменниках к нормативным значениям. «Шоколадок» выявлено не было.

На основании полученного положительного результата принято решение о переводе всех объектов ООО «СамРЭК-Эксплуатация» на реагенты АМИНАТ™ в следующем отопительном сезоне 2021–2022 году.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ОСМОСА ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ИНГИБИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ

Первов А. Г., Андрианов А. П., Спицов Д. В.
НИУ МГСУ, кафедра водоснабжения, Москва, Россия
E-mail: ale-pervov@yandex.ru

Знание механизма образования осадков малорастворимых солей (главным образом, карбоната кальция) на обратноосмотических мембранах является чрезвычайно важным для выбора мероприятий по предотвращению образования этих отложений и улучшения экономических и технологических показателей работы установок обратного осмоса: проведения химических промывок, дозирование ингибитора, сокращения расхода концентрата. Как известно, на современном рынке водоподготовки при эксплуатации установок обратного осмоса для предотвращения образования карбонатных отложений используют ингибирующие вещества, принадлежащие к основным классам: органофосфатам, акрилатам, полиаспартатам (солям аспаргиновой кислоты), фосфонатам (смесям фосфоновых кислот и их солей). Преимущество того или иного коммерческого продукта до сих пор вызывают споры и требования дать объективную оценку их эффективности. Авторам на протяжении ряда лет оценка эффективности ингибиторов проводится экспериментально в промышленных условиях с определением скоростей накопления на мембранах кристаллических отложений карбоната кальция.

Проведенные исследования позволили авторам сформулировать новые взгляды на механизмы зародышеобразования, роста кристаллов на поверхности мембран и роли ингибиторов в замедлении и предотвращении этих процессов. Полученные данные позволяют также разработать пути совершенствования процессов ингибирования и получения новых коммерчески эффективных ингибиторов для использования в схемах водоподготовки методом обратного осмоса.

Механизм процесса состоит в создании условий пересыщения для начала зародышеобразования в «застойных зонах» мембранных каналов, образовании микрокристаллов, из выноса из «застойных зон», осаждении на мембранах и последующего роста.

Описывается экспериментальная методика, позволяющая определить величины пересыщения по карбонату кальция в «застойных зонах» каналов мембранных аппаратов обратного осмоса, соответствующие началу зародышеобразования для различных типов ингибиторов и их доз. Для изучения процессов адсорбции использованы специальные «флуоресцентные» ингибиторы.

В работе представлены результаты определения закономерностей процессов адсорбции молекул ингибиторов на поверхностях кристаллов на стадии зародышеобразования и во время кристаллического роста. Получены экспериментальные зависимости скоростей адсорбции ингибиторов от их дозы, от скорости зародышеобразования, от скорости роста кристаллов карбоната кальция, от величины пересыщения, от площадей поверхностей зародышевых и растущих кристаллов. Показано, что эффективность ингибитора определяется его способностью обеспечить требуемое количество адсорбированного ингибитора для эффективной блокировки роста кристалла, как во время фазы зародышеобразования, так и во время кристаллического роста. Более эффективный ингибитор позволяет при меньшей его дозе «задерживать» начало кристаллизации и «замедлять» скорость роста кристаллов за счет адсорбции и «подавления» «центров» роста кристаллической решетки. Исследована причина высокой эффективности ингибитора «Аминат-К» по сравнению с другими ингибиторами класса «фосфонатов», которая заключается в подборе оптимального соотношения фосфоновых кислот и их солей, обеспечивающих самые высокие сорбционные свойства. Предложен новый критерий эффективности ингибитора, определяемый, как отношение скорости адсорбции на единице площади кристаллической поверхности, отнесенную к единице веса ингибитора. Обработка и обсуждение полученных результатов и их выводов позволяет ответить на вопрос, почему можно снижать дозу инги-

битора и при этом обеспечить заданный эффект ингибирования.

Показано, что, несмотря на успешное повышение эффективности действия новых ингибиторов, применение их не позволяет добиться полного решения проблемы осадкообразования. Рассмотрены пути повышения эффективности работы установок обратного осмоса и сокращения их эксплуатационных затрат, состоящие не только в подборе новых эффективных ингибиторов, но и в совершенствовании всей технологии, состоящем в сочетании новых реагентов с подбором эффективных мембран и мембранных аппаратов.

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ КОНДЕНСАТОВ

Е. В. Угай

*Представительство компании «ПЬЮРОЛАЙТ ЛТД» в России,
Великобритания*

E-mail: elena.u@purolite-fsu.ru

Возврат конденсата или теплофицированной (подогретой воды) в любую систему водоподготовки важно как с точки зрения энергосбережения, так и недопустимости сброса горячей/подогретой воды на узел биологической очистки воды перед сбросом ее в природный водоем. В настоящее время многие предприятия работают над задачей возврата сбросных вод в систему водоснабжения предприятия. Как правило, и промышленных конденсаты, и отмылочные воды и т.д., участвуют в промышленных процессах, они содержат примеси, состав которых зависит от характера производства. Поэтому перед возвратом в систему эти конденсаты требуют очистки.

Способ очистки выбирается в зависимости от концентрации загрязняющих веществ, степени очистки в зависимости от назначения (применения) очищенного конденсата/воды. Это могут быть как установки обратного осмоса, ионообменные установки, фильтрация с использованием сорбентов или любой другой способ например, с использованием коагулирующих веществ, так как каждое предприятие индивидуально.

В данном случае разбирается очистка конденсата/воды при помощи фильтрации через ионообменные смолы. Рассматриваются применяемые для очистки конденсатов ионообменные смолы, отличающиеся не столько типом (сильный/ слабый, катионит/анионит), поскольку, как правило), паровые («чистые») конденсаты имеют приблизительно одинаковый состав, но и различие в эксплуатационных характеристиках однотипных смол.

Так как достаточно часто на производственных установках имеет место смешивание конденсата паровых котлов и производственного конденсата (условно «загрязненного»), имеющих

в своем составе иные примеси и в более значительных концентрациях, рассматриваем возможности применения для очистки более подходящих типов ионообменных смол.

Отдельно необходимо выделить ионообменные смолы, применяемые для очистки сбросных сточных вод. В этом случае рассматриваются критерии, по которым можно оценить возможность использования для этой цели ионообменного способа очистки загрязненных сточных вод с целью возвращения их в цикл.

Отдельно выделим характеристики ионообменных смол, рекомендуемых при различных схемах очистки и их аппаратного оформления.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ВЛИЯНИЮ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ АМИНАТ ПК НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ОБМЕННУЮ ЕМКОСТЬ КАТИОНИТА КУ-2–8 В СХЕМАХ КОНДЕНСАТООЧИСТКИ

М. В. Бутакова, О. В. Гусева, С. М. Прорехин

ООО НПФ «Траверс», Москва, Россия

E-mail: guseva@travers.su

В настоящее время при организации водно-химических режимов с использованием аминокислотосодержащих соединений, относительно новых по сравнению с традиционно применяемыми реагентами, все большее внимание уделяется вопросам их влияния на вспомогательное оборудование (системы очистки конденсата, приборы автоматического контроля и т.д.) с целью актуализации нормативных документов [1, 2, 3].

Реагенты марки АМИНАТ серии ПК, представляющие собой комбинации различных нейтрализующих аминов, нашли широкое применение для защиты пароконденсатного тракта теплоэнергетического оборудования от углекислотной коррозии. Опыт внедрения данных реагентов на промышленных предприятиях, имеющих в своем составе конденсатоочистку, не имел к настоящему времени отрицательных отзывов об ухудшении работы ионообменных фильтров. Однако, необходимо было провести исследования в лабораторных условиях для моделирования процессов Н-катионирования в схемах очистки конденсата и выявления степени влияния аминов на динамическую обменную емкость (ДОЕ) катионита.

Первоначально авторами было изучено влияние отдельных аминов, входящих в состав реагентов АМИНАТ™ ПК [4]. Лабораторные исследования по определению влияния нейтрализующих аминов и реагентов АМИНАТ™ на обменные свойства катионита проводились на сильнокислотной смоле КУ-2–8ЧС в Н⁺ форме по методу с заданным расходом регенерирующего

вещества по ГОСТ 20255.2–89 [5]. Согласно данному методу ДОЕ катионита определялась при использовании в качестве рабочего раствора насыщения хлорида кальция с концентрацией 3,5 мг-экв/дм³.

Исследования влияния реагентов АМИНАТ™ проводились при создании концентраций в рабочем растворе насыщения 5; 35; 350 мг/дм³, как наиболее характерных для областей их применения.

Для исследования влияния реагентов на ДОЕ катионита КУ-2–8 были выбраны АМИНАТ™ ПК-1, АМИНАТ™ ПК-2, АМИНАТ™ ПК-4. Результаты исследований сведены в таблице 1.

Таблица 1. Усредненные значения ДОЕ и процент ее снижения в зависимости от концентрации реагента

№	Реагент	Холостой опыт CaCl ₂ = 3,5 мг-экв/дм ³	Усредненные значения ДОЕ / % снижения ДОЕ при дозировании амина					
			5 мг/дм ³		35 мг/дм ³		350 мг/дм ³	
		Дср, г-экв/м ³	Дср, г-экв/м ³	%	Дср, г-экв/м ³	%	Дср, г-экв/м ³	%
1	АМИНАТ ПК-1	516,2	525,0	-	508,6	1,5	488,8	5,3
2	АМИНАТ ПК-2	507,5	514,5	-	506,5	0,2	459,7	9,4
3	АМИНАТ ПК-4	526,5	521,3	1,0	513,3	2,5	504,0	4,3

Из представленных данных видно, что заметное влияние исследуемых реагентов, также как и моносоединений аминов [4], на динамическую обменную емкость катионита КУ 2 8 было получено только при сопоставимых эквивалентных концентрациях аминов и ионов кальция.

Для предварительной оценки влияния реагентов АМИНАТ™ ПК на ДОЕ катионита КУ-2–8 были проведены расчеты ожидаемого процента его уменьшения по методу аддитивности (Псад). Расчеты проводились по формуле (1) по данным таблиц 1 и [4] с учетом процентного содержания каждого из аминов в исследуемых реагентах:

$$PC_{ад} = \frac{\sum \%_n \times C_n}{\sum C_n}, \quad (1)$$

где $\%_n$ — процент изменения ДОЕ в присутствии нейтрализующего аминаж; C_n — доля n нейтрализующего амина в композиции.

В таблице 2 приведены результаты расчетов процента снижения ДОЕ для концентрации реагентов АМИНАТTM в растворах насыщения равной 350 мг/дм³. В таблице также отображены значения процентов снижения динамической емкости, определенные по результатам лабораторных исследований (ПСэ) при той же концентрации аминов в реагентах.

Таблица 2. Процент снижения ДОЕ, рассчитанный по методу аддитивности

№	Реагент	PC _{ад} , %	ПС _э , %
1	АМИНАТ ПК-1	3,1	5,3
2	АМИНАТ ПК-2	14,7	9,4
3	АМИНАТ ПК-4	6,4	4,3

Из сопоставления данных таблицы видно, что расчетные и экспериментальные значения процента снижения динамической обменной емкости КУ-2–8 различались, что могло быть обусловлено как взаимным влиянием аминов различной структуры на их активность в композициях реагентов, так и их конкуренцией в процессе адсорбции на катионите.

По данным таблицы 2 также можно сделать вывод, что реагенты АМИНАТTM ПК-1 и АМИНАТTM ПК-4 практически не снижают ДОЕ катионита КУ-2–8. Этот результат по полученному в [4] ряду влияния аминов был ожидаем, так как в составе обоих реагентов доля нейтрализующих аминов линейной структуры составляет 80–85% от общего содержания аминов. Наибольшее влияние на

ДОЕ катионита было получено при добавлении АМИНАТTM ПК-2 в раствор насыщения, т.к. в состав реагента входят циклические нейтрализующие амины, в большей степени влияющие на ДОЕ катионита КУ-2–8. Необходимо отметить, что и различие между расчетным и экспериментальным значением процентного снижения динамической емкости при исследовании реагента АМИНАТTM ПК-2 также оказалось максимальным, т.к. сильнее может сказываться конкуренция и влияние между крупными молекулами в композиции, что не учитывается в расчетах.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что при наличии в схемах установок очистки возвращаемого конденсата, для организации водно-химического режима паровых котлов рекомендуется использовать реагенты АМИНАТTM ПК-1 и АМИНАТTM ПК-4. В случае необходимости применения реагента АМИНАТTM ПК-2 полученное значение процента снижения ДОЕ необходимо учитывать при определении фильтроцикла ионообменных установок конденсатоочистки.

Для подтверждения данного вывода и сопоставления с результатами лабораторных исследований было решено оценить влияние реагента АМИНАТ ПК-2 в промышленных условиях на этапе очистки технологического конденсата на Н-катионитных фильтрах нефтеперерабатывающего завода. Схема подготовки общего парового конденсата представлена на рисунке 2.

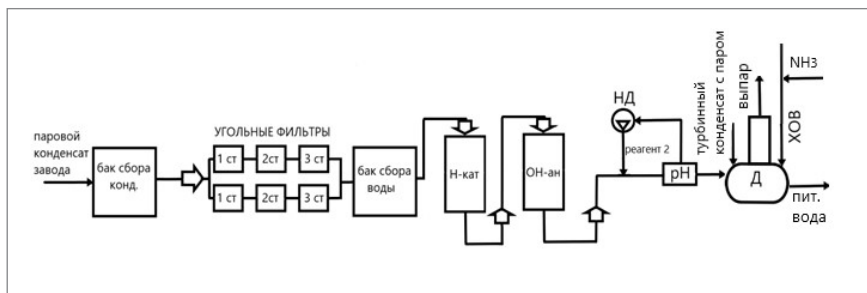


Рисунок 2 – Схема подготовки общего парового конденсата

Общий паровой конденсат поступает в накопительные баки и затем проходит последовательно очистку, состоящую из следующих стадий:

- обезмасливание и частичное обезжелезивание на угольных фильтрах;
- обессоливание на одной ступени Н-катионитных и ОН-анионитных фильтрах.

При сравнении значений продолжительности фильтроцикла Н-катионитного фильтра, рассчитанного исходя из характеристик оборудования и загруженной смолы Lewatit, и фактической продолжительности фильтроцикла разница составила 40 часов. Таким образом, реальная продолжительность фильтроцикла сократилась на 12,9%, что сопоставимо с результатами лабораторных исследований (табл. 1).

На основании этого можно сделать вывод, что полученные данные могут быть использованы при расчете продолжительности фильтроцикла катионита в установках конденсатоочистки. При внедрении реагентов на основе нейтрализующих аминов необходимо учитывать не только их способность эффективно предотвращать углекислотную коррозию пароконденсатного тракта паровых котлов, но и минимально влиять на обменные свойства катионита.

Список литературы

1. Суслов С.Ю., Кирилина А. В., Давыдов Д. Н., и др. Влияние нейтрализующих аминов на катионит // Энергосбережение и водоподготовка.— 2017.— № 4.— С. 49–54.
2. Петрова Т.И., Дяченко Ф. В., Богатырева Ю. В., и др. Влияние реагентов, содержащих полиамины, на обменную емкость ионитов // Теплоэнергетика.— 2016.— № 5, с. 75–80, DOI: 10.1134/S0040363616030097.

3. Мелентьев Д.Н., Кирилина А. В., Суслов С. Ю., и др. Исследование влияния комплексных полиаминных реагентов на сильнокислотный катионит // Электрические станции.—2014.—№ 5.— С. 25–31.
4. Гусева О.В., Бутакова М. В., Прорехин С. М., и др. Изучение влияния нейтрализующих аминов на рабочую обменную емкость катионита КУ-2–8 в схемах конденсатоочистки // Энергосбережение и водоподготовка.— 2020.— № 1.— С. 4–9.
5. ГОСТ 20255.2–89. Иониты. Методы определения динамической обменной емкости.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

*К.т.н. Дикарева Ю.М.¹, к.т.н. Бутакова М.В.², к.х.н. Сухов Г.Д.²,
Губин Д.В.²*

¹АО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва, Россия

²ООО «НПФ «Траверс», Москва, Россия

E-mail: dikareva@ekos-1.ru

Лаборатории энергетических объектов для решения текущих производственных задач преимущественно оснащены традиционным аналитическим оборудованием, достаточным для выполнения анализов теплоносителя в рамках режимных карт оборудования. Как правило, это рН-метры, кондуктометры, установки для титрования. В ЦЗЛ крупных промышленных предприятий, помимо этого, применяются спектрофотометры различного уровня исполнения в зависимости от задач и специфики деятельности предприятия (для определения содержания железа, фосфатов, дозируемых реагентов и т.п.).

Организация водно-химических режимов теплообменного оборудования с использованием современных реагентов требует четких режимов их дозирования и диктует необходимость проведения более глубоких аналитических исследований по определению эффективности и механизма действия реагентов и их влияния на технологические параметры теплоносителя. В этих условиях применение современных аналитических методов, таких как: ИК-Фурье спектроскопия, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), ионная хроматография, энергодисперсионный анализ на базе сканирующего электронного микроскопа (ЭДС+СЭМ), позволяет решать широкий спектр производственных задач.

Необходимо отметить, что возможности перечисленных выше методов как при индивидуальном применении отдельного метода или их комбинации, так и в совокупности с традиционными ме-

тодами анализа открывают широкую перспективу для изучения механизмов действия и свойств реагентов, что позволит повысить надежность эксплуатации оборудования.

Современные методы характеризуются высокой чувствительностью и точностью при минимальном количестве образца и упрощенной пробоподготовке. Так, например, для проведения испытаний методом ИК-Фурье спектроскопии требуется не более 5 мг образца, а для испытаний методами ЭДС+СЭМ достаточно, чтобы образец покрывал 1 см² поверхности.

В докладе будут приведены примеры использования перечисленных выше аналитических методов в лаборатории АО НЦ «Малотоннажная химия» для решения прикладных текущих задач водоподготовки и водно-химических режимов энергетических объектов.

Например, при проведении аналитических исследований образцов ионообменных смол, используемых в схемах очистки конденсата, методом ЭДС+СЭМ определили вид и состав загрязняющей пленки, а также степень загрязнения поверхности смолы. Это позволило выявить причину снижения эффективности смолы в схеме конденсатоочистки.

Также данный метод положительно себя зарекомендовал для анализа отложений с поверхности оборудования и мембран установок обратного осмоса (УОО), установок ультрафильтрации. В отличие от традиционных методов, в том числе регламентируемых нормативной документацией, метод ЭДС+СЭМ не требует трудоемкого процесса подготовки пробы и использования дополнительных реактивов. Метод позволяет провести качественный и полный количественный анализ состава, а также определить морфологию отложений, что дает дополнительную информацию для установления причин их образования.

Метод ИСП-АЭС незаменим в случаях, когда необходимо определить состав катионов образца в микроконцентрациях. Метод позволяет получить полную матрицу катионов металлов в анализируемом образце (более 70 элементов) при минимальной пробоподготовке. Применение данного метода в настоящее время,

когда в схемах водоподготовки широко используются установки обратного осмоса, позволяет техническим специалистам получать более полную информацию об условиях эксплуатации этих установок, основываясь на результатах микроанализа катионного состава вод УОО, технологических растворов и др.. Кроме того, метод ИСП-АЭС может использоваться и для определения значений контрольных параметров теплоносителя паровых и водогрейных котлов, систем оборотного охлаждения. Например, использование этого метода позволяет определить реальное значение величины продувки котлов, работающих на обессоленной воде и в условиях применения реагентов на основе нейтрализующих аминов. В связи с тем, что применение таких реагентов влияет на величину солесодержания питательной, котловой воды и пара, то величина продувки может определяться по содержанию калия или натрия в теплоносителе.

Для исследования состава органических соединений давно и успешно применяется метод ИК-Фурье спектроскопии. Достоинством данного метода является возможность определения соединений неустановленной природы, он не является разрушающим методом и дает возможность работать с микроколичествами веществ.

Использование метода ИК-Фурье позволило определить состав и характер защитной пленки, образующейся на поверхности трубопроводов и оборудования пароконденсатного тракта паровых котлов в случае применения реагентов на основе нейтрализующих аминов (АМИНАТ серии ПК).

Альтернативным методом анализа для определения содержания анионов в воде является метод ионообменной хроматографии, позволяющий одновременно определять порядка 10-ти анионов без предварительной подготовки проб. Данный метод удобен в случае необходимости исследования серии образцов, полученных на разных этапах обработки воды.

Применение перечисленных выше методов и аналитического оборудования в лабораториях различных энергетических объектов в настоящее время ограничено. Связано это, на наш взгляд, подчас

с отсутствием знания возможностей и преимуществ современных аналитических методов. Кроме того, современные аналитические приборы на сегодняшний день, в основном, импортного производства и достаточно дорогие. Вариантом решения прикладных задач на энергетических объектах может являться сотрудничество специалистов на местах со специализированными лабораториями, оснащенными современными аналитическими приборами.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОТМЫВКИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ БЕЗ ОСТАНОВА

С.М. Прорехин, к.т.н. О.В. Гусева
ООО НПФ «Траверс», Москва, Россия
E-mail: guseva@travers.su

Одним из условий надежной эксплуатации барабанных паровых котлов низкого и среднего давления в промышленных котельных является организация коррекционного водно-химического режима (ВХР) котлов с целью предотвращения процессов накипеобразования и коррозии. Это связано в первую очередь с использованием упрощенных схем водоподготовки (ВПУ), а также отсутствием постоянного контроля работы ВПУ и энергетического оборудования.

Ограничение коррозии поверхностей нагрева паровых котлов низкого и среднего давления обеспечивается надежной работой атмосферного деаэратора. В случае применения деаэрирующих устройств, не обеспечивающих нормативное значение остаточного содержания растворенных агрессивных газов, необходимо дозировать химические реагенты для корректировки качества теплоносителя.

Задача предотвращения углекислотной коррозии пароконденсатного паровых котлов низкого и среднего успешно решается в настоящее время за счет использования как импортных, так и отечественных реагентов на основе нейтрализующих аминов [1]. Однако неполное связывание углекислоты в пароконденсатном тракте часто приводит к поступлению продуктов коррозии с возвращаемым конденсатом и вторичному образованию железоокисных отложений на теплопередающих поверхностях котлов. Возникающие в виде накипи отложения в экранных трубах паровых котлов приводят к значительному перерасходу топлива.

Предотвращение отложений солей жесткости на теплопередающих поверхностях котлов традиционно осуществляется методом фосфатирования. Однако, несмотря на многолетний опыт применения этого метода, он не гарантирует полного предотвращения процессов накипеобразования и зависит от работы ВПУ (проскок

катионов жесткости), значения щелочности питательной воды, величины продувки котла и т.п.

Задача удаления отложений решается проведением периодических эксплуатационных промывок с помощью химических реагентов. Для отмывки отложений с теплопередающих поверхностей паровых котлов обычно применяются неорганические и органические кислоты или композиции на их основе с обязательным добавлением ингибиторов коррозии.

Кислотные промывки наряду с преимуществами (доступностью, дешевизной, интенсивностью воздействия и др.) имеют и серьезные недостатки — агрессивность воздействия, необходимость монтажа и последующего демонтажа специальных промывочных схем, необходимость нейтрализации сбросных вод и т.д.

Специалистами ООО «НПФ Траверс» был разработан реагент АМИНАТ™ ДМ 50А и технология его применения для отмывки теплопередающих поверхностей барабанных паровых котлов, при этом отмывка проводится без останова котла, т.н. отмывка «на ходу» [2]. Согласно разработанной технологии, с целью повышения эффективности отмывки она проводится в несколько этапов (чаще всего 3) с постепенным увеличением концентрации реагента.

Реагент АМИНАТ™ ДМ-50А представляет собой щелочной раствор органических комплексообразователей. Удаление отложений с использованием такого реагента происходит в результате образования растворимых комплексов компонентов реагента с ионами железа и катионами жесткости, удаляемых в ходе отмывки с продувкой котла. В статьях [3,4] представлены результаты отмывок паровых котлов от железоокисных отложений с применением реагента АМИНАТ™ ДМ-50А по разработанной технологии.

Реагент АМИНАТ™ ДМ-50А позволяет эффективно удалять как железистые, так и кальциевые отложения. В качестве примера отмывки отложений, содержащих в себе значительное количество карбоната кальция, ниже приведены результаты отмывки «на ходу» паровых котлов котельной компании ООО «ПК Балтика-Санкт-Петербург».

Котельная предприятия ООО «ПК Балтика-Санкт-Петербург» предназначена для выработки пара, который используется для обе-

спечения технологических процессов. В котельной эксплуатируются два паровых котла типа LOOS (КУ-2 и КУ-3) и котел-утилизатор (КУ) Combibloc ADH с рабочим давлением 11 бар и общей суммарной паро-производительностью 90 т/час. Для подпитки котлов используется умягченная вода, подготовленная по схеме 2-х ступенчатого На-катионирования. Доля возврата конденсата составляет 90%.

В котельной организован коррекционный водно-химический режим с применением реагента АМИНАТ™ ПК-1, предназначенного для защиты трубопроводов и оборудования пароконденсатного тракта от коррозии и поддержания значения pH конденсата в нормируемых пределах, а также реагента АМИНАТ™ КО-3, предназначенного для предотвращения образования отложений солей жесткости за счёт перевода их с поверхности в шлам.

В ходе планового останова котла-утилизатора Combibloc ADH специалистами котельной ПК «Балтика — Санкт-Петербург» 24 августа 2020 года были обнаружены значительные отложения на теплопередающих поверхностях котла. С целью определения их компонентного состава были отобраны образцы отложений с внутренней поверхности трубы, подающей питательную воду в КУ и из нижней части котла. Анализы проводились в лаборатории АО НЦ «Малотоннажная химия» с использованием энергодисперсионного метода на базе электронного сканирующего микроскопа Hitachi TM — 3030. Результаты определения состава отложений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Состав отложений котла-утилизатора Combibloc ADH

Точка отбора Химический элемент	Подающая питательную воду труба	Нижняя часть котла
Кальций (Ca^{2+}), %	31,48	10,62
Кислород (O_2), %	26,79	28,81
Железо (Fe^{3+}), %	23,64	52,16
Фосфор (P), %	9,64	3,90
Углерод (C), %	8,53	3,37
Магний (Mg^{2+}), %	0,97	1,73

Результаты анализов проб с внутренней поверхности труб показали, что основными компонентами отложений являются карбонат кальция и окислы железа в равных соотношениях.

Отложения в нижней части котла представляли собой в основном продукты коррозии железа — 52–64%. Количество солей кальция не превышали 10%, что указывает на практически полное удаление солей жесткости с продувкой котла в виде шлама.

Анализ эксплуатационных данных по качеству питательной воды в период с января по октябрь 2020 года показал, что причиной образования отложений карбоната кальция могло быть повышенное содержание катионов жесткости в добавочной и питательной воде на уровне 40–60 мкг-экв/дм³ при норме 10 мкг-экв/дм³. Для достижения нормируемых значений жесткости в добавочной и питательной воде была проведена отладка работы водоподготовительной установки (ВПУ), после которой значение жесткости в питательной воде стало поддерживаться на уровне 10 мкг-экв/дм³.

На основании вышесказанного был сделан вывод о целесообразности проведения химической очистки поверхностей паровых котлов котельной ООО «ПК Балтика-Санкт-Петербург». Доза реагента АМИНАТ™ ДМ-50А рассчитывалась на основании эксплуатационных данных по качеству питательной воды. За 5 дней до начала отмывки паровых котлов «на ходу» было прекращено дозирование фосфатов (АМИНАТ™ КО-3). Для ввода реагента АМИНАТ™ ДМ-50А использовался комплекс дозирования фосфатов.

Согласно разработанной технологии, процесс отмывки «на ходу» проводился поэтапно: первоначальная расчетная доза АМИНАТ™ ДМ-50А дозировалась в течение первого этапа (6 суток), а затем на втором и третьем этапах была увеличена на 10 и 20% соответственно.

Эффективность отмывки «на ходу» контролировалась по содержанию соединений железа и кальция в котловой воде в ходе всего периода отмывки. Результаты анализов приведены на рис. 1. Стрелками показаны дни, в которые увеличивалась доза реагента.

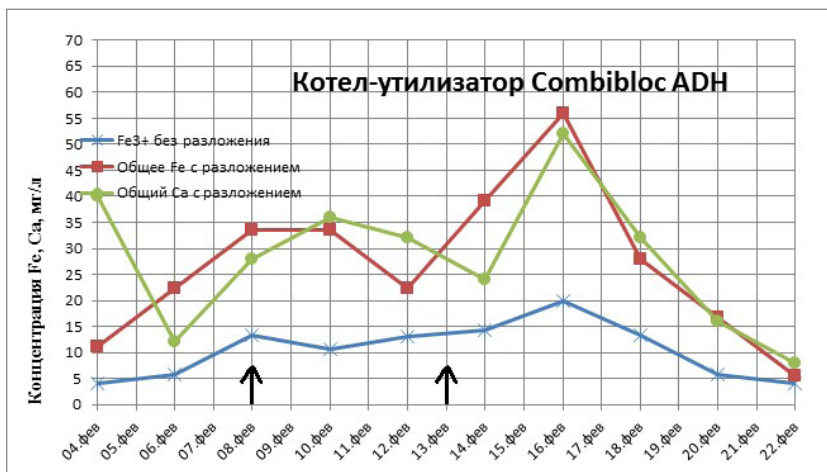


Рисунок 1 — Содержание соединений кальция и железа в период отмычки котла-утилизатора

В связи с тем, что компонентами АМИНАТTM ДМ-50А являются комплексообразователи, общее содержание железа и кальция определялось по специально разработанной методике с разложением комплексов. При этом суммарная концентрация включала как соединения растворимых комплексов железа и кальция с компонентами реагента, так и соединения железа и кальция (растворимые и нерастворимые), не связанные в комплексы. Содержание соединений железа в котловой воде, не связанное в комплексы, определялось по стандартной методике [5]. Кальций определялся по стандартной методике [6].

Как видно из рисунка 1, удаление железистоокисных и кальциевых отложений проходило одинаково эффективно в ходе проведения отмычки, причем характер кривых по общему железу с разложением и свободному железу, несвязанному в комплексы, идентичен. Содержание кальция, несвязанного в комплексы, не обнаруживалось в котловой воде, что указывает на преимущественное комплексообразование компонентов реагента с кальцием.

Вторым рассматриваемым примером проведения отмычки котлов является предприятие ООО «СЕРВЬЕ РУС», располагающееся

в Московской области. Котельная предприятия предназначена для обеспечения технологических процессов и системы теплоснабжения. В котельной эксплуатируются два паровых котла типа LOOS UL-S-IE-400 производительностью 4 т/час каждый с максимальным рабочим давлением 10 кг/см². Добавочная вода для подпитки котлов проходит обработку на водоподготовительной установке (ВПУ) по схеме двух — ступенчатого натрий — катионирования с предварительным обезжелезиванием. После ВПУ умягченная вода и конденсат поступают в модуль деаэрации LOOS WSW-T, в котором нагревается до температуры 90–95°С. Доля возврата конденсата достигает 80–90%.

Для обеспечения надежной эксплуатации оборудования котельной ООО «СЕРВЬЕ РУС» организован коррекционный водно-химический режим паровых котлов с применением реагентов АМИНАТ™ КО-2 для связывания растворенного кислорода и АМИНАТ™ ПК-1 для предотвращения углекислотной коррозии.

Помимо описанных выше реагентов ранее применялся еще и реагент АМИНАТ™ КО-3 для предотвращения процессов накипеобразования на теплообменных поверхностях паровых котлов. Однако из-за изменения технологической схемы обработки исходной воды дозирование реагента на основе фосфатов было отменено.

Результатом отмены дозирования реагента АМИНАТ™ КО-3 являлось образование отложений солей кальция не только на теплопередающих поверхностях, но и на внутренних поверхностях труб продувочных линий котлов. Проведенный анализ отложений из продувочных линий котла № 2 с использованием энергодисперсионного метода на базе электронного сканирующего микроскопа Hitachi TM — 3030 показал следующие результаты (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что отложения в продувочной линии котла в основном представляют собой карбонат кальция. Однако, анализ эксплуатационных данных по содержанию соединений железа в питательной воде и конденсате показал периодическое превышение нормируемых значений, что могло приводить к вторичному накипеобразованию продуктов коррозии на теплопередающих поверхностях котлов.

Таблица 2. Состав отложений парового котла № 2

Химический элемент \ Точка отбора	Подающая питательную воду труба
Кальций (Ca^{2+}),%	39,72
Кислород (O_2),%	47,21
Кремний (Si),%	2,27
Углерод (C),%	8,15
Магний (Mg^{2+}),%	2,64

Отмывка котла № 2 ООО «СЕРВЬЕ РУС» проводилась в течении 15 суток с 26 октября по 9 ноября 2020 года в три этапа. Однако в связи с тем, что котел № 2 был выведен в эксплуатацию за несколько дней до начала отмывки, котловая вода характеризовалась высоким содержанием соединений железа. Поэтому технология отмывки «на ходу» была изменена и проходила в условиях уменьшения дозы АМИНАТТМ ДМ-50А. Первоначальная доза реагента была максимальной с учетом содержания соединений железа в котловой воде, а затем на втором и третьем этапе уменьшалась до расчетной дозы (рассчитанной по качеству питательной воды).

Эффективность отмывки «на ходу» также контролировалась по содержанию соединений железа и кальция в котловой воде в ходе всего периода отмывки по методикам, указанным выше. Результаты определений приведены на рис. 2.

Как видно из рисунка 2 на первом этапе более интенсивно удалялись отложения солей кальция. Причем, как и в предыдущем примере, «свободный» кальций, не связанный в комплексы, не определялся в котловой воде. Это обусловлено тем, что значения констант устойчивости компонентов реагента с кальцием больше, чем значения констант устойчивости комплексов железа при высоких значениях pH.

На втором и третьем этапе более интенсивно проходила отмывка соединений железа, причем как за счет комплексообразования, так и за счет нарушения целостности слоя накипи на поверхности. Тем не менее высокие остаточные концентрации железа в котловой

воде по окончании отмывки могут свидетельствовать о незавершенном процессе удаления железоокисных отложений в условиях уменьшения концентрации реагента.

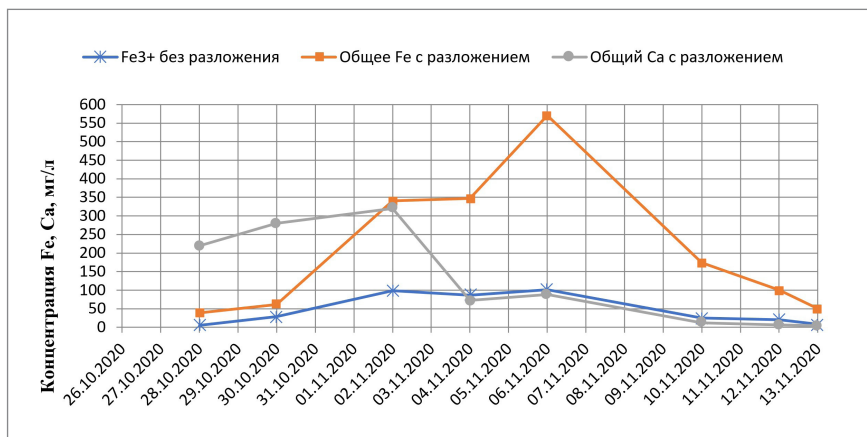


Рисунок 2 — Содержание соединений кальция и железа в период отмывки котла № 2

Сопоставление результатов двух проведенных отмывок «на ходу» при различных условиях их реализации показало преимущество технологии с увеличением дозы реагента в период отмывки. Данная технология позволяет более равномерно в течении всего периода отмывки удалять оба вида отложений с теплообменных поверхностей котлов.

Список литературы

1. Гусева, О. В. Разработка и исследование композиций на основе нейтрализующих аминов для ограничения коррозии конденсатно-питательного тракта ТЭС / О. В. Гусева, А. В. Богловский, Е. А. Сипилина// Новое в Российской электроэнергетике. — 2012. — № 2. — С. 42-53.
2. Маргулова Т.Х. Применение комплексонов в теплоэнергетике / Т.Х. Маргулова, —М.: Энергия, 1986 г.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ОЧИСТОК КОНДЕНСАТОРОВ НА ТЭС И АЭС

К.т.н. И. В. Левитина¹, к.т.н. В. Е. Кулов¹, Г.В. фон Цимфер¹,

к.т.н., доц. А. Е. Верховский²

¹ООО "НПП "ТЕХНОБИОР", Москва, Россия

²ФГБОУ ВО "НИУ" МЭИ", Москва, Россия

E-mail: vkulov@mail.ru

Реализация эксплуатационных и предпусковых очисток теплоэнергетического оборудования предполагает выбор надежных реагентов (технических моющих средств (ТМС)), которые должны обладать: высокой эффективностью удалению отложений, безопасностью утилизации отработанных растворов, инертностью применения для конструкции.

Производством таких ТМС занимается ООО «НПП «ТЕХНОБИОР» (РФ, Москва), имеющий более чем 20-ти летний опыт внедрения на объектах теплоэнергетики. Реагенты являются пожаро-, взрывобезопасными композициями, в состав которых входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), ингибиторы коррозии, комплексообразователи и другие добавки. Препараты выпускаются согласно с разработанными ТУ и имеют свидетельства о госрегистрации.

Кислотный препарат серии ТМС ДМ (ТУ 2383–002–56478541–01) разработанный для очистки конденсаторов, подогревателей, дистиляционных установок. Предназначен для удаления различных отложений теплообменного оборудования, возникающих в процессе эксплуатации теплопередающего оборудования, контактирующего с водой и паром. Конструкционные материалы (трубки с толщинами 1мм и менее) — латуни, мельхиоры, аустенитные нержавеющие стали, сплавы титана и т.п. Площади поверхностей — сотни квадратных метров. Ответственность при проведении работ по химической очистке огромная. В состав препарата входят поверхностно-активные вещества неионогенного характера, что позволяет воздействовать на отложения различного

происхождения. Сочетание в препаратах кислотной составляющей (смесь слабых карбоновой и оксикислот) и комплексообразователей в нейтральной форме позволяет в ходе проведения очистки при взаимодействии препарата с отложениями удалять их в виде хелатных комплексов, т.е. в виде либо мелкодисперсной взвеси (при их агрегации), либо в виде раствора на молекулярном уровне. Наличие современных ингибиторов коррозии органического (растительного) происхождения позволяет защитить в процессе отмытки за счет блокирования реакции взаимодействия кислот с поверхностью металла.

Для удаления сложных (состоящих в основном из традиционно кальциево-магниевых) труднорастворимых оксидов кремния, смешанных отложений железа разработаны препараты Силитех и Экобиор (ТУ 20.41.44-008-56478541-2020).

Силитех — это смесь слабых органических, сильной сульфокислоты и присадок для удаления кремния.

Экобиор — на основе смеси простейших окси- и сульфокислоты, препарат можно назвать «зеленым». При повышенных требованиях к вопросам сбросов выбор этого препарата становится основным.

Скорость снятия карбонатных отложений: ТМС ДМ — 590, Силитех — 610, Экобиор — 330 (г/м²час, 10% растворы, 50 °С).

Приводятся данные по титрованию препаратов (Рис. 1) и скоростям коррозии (Таблица 1).

Таблица 1. Скорость коррозии некоторых сплавов

Наименование	Скорость коррозии, г/м ² час					
	Ст20		12X18H10T		Л70	
	20°С	60°С	20°С	60°С	20°С	60°С
10% ТМС ДМ	0,6	11,9	≤0,01	≤0,03	≤0,03	0,4
10% Силитех	0,25	6,0	≤0,01	≤0,03	≤0,03	0,3
10% Экобиор	0,5	12,4	≤0,01	≤0,03	≤0,03	0,3

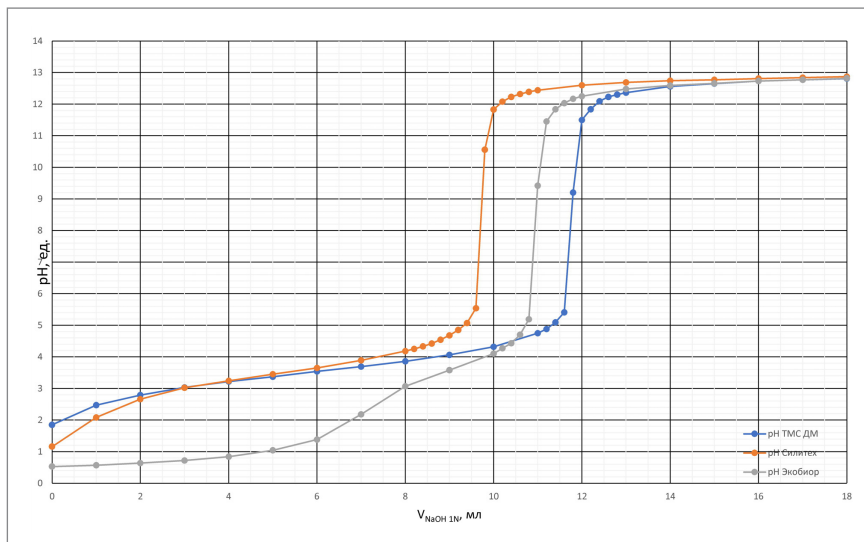


Рисунок 1 — Кривые титрования ТМС (разбавление 1:10)4; ТМС ДМ 20 мл, Силитех 15 мл, Экобиор 30 мл. Титрант 1N NaOH

Список литературы

1. Левитина И.В., Кулов В.Е. Технические моющие средства ТМС Д для проведения химических очисток теплоэнергетического оборудования // Тезисы "VII Научно-практической конференции «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования», Москва, 2017, с.25-26.
2. Левитина И.В., Кулов В.Е., Верховский А.Е. Изучение скорости коррозии различных металлов в растворах технических моющих средств серии ТМТ Д. // Тезисы "VIII Научно-практической конференции «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования», Москва, 2019, с.65-68.

АЛГОРИТМ ДОЗИРОВАНИЯ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ В КОТЕЛ УТИЛИЗАТОР ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЕ ПОДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

К.т.н., доц. А. Е. Верховский^{1,2}, к.т.н., С. В. Кует², к.т.н., В. Е. Кулов³.

¹ФГБОУ ВО "НИУ" МЭИ", Москва, Россия;

²ООО «НПП «Техноприбор», Москва, Россия;

³НПП «Технобиор», Москва, Россия.

E-mail: VerkhovskyAY@mpei.ru

Надежная и безаварийная работа парогазовых станций с котлами утилизаторами во многом зависит от оптимального ведения водно-химического режима. В настоящее время при коррекционной обработки теплоносителя используют достаточно много реагентов начиная от традиционных ВХР с использованием гидразина и аммиака, фосфатов до ввода в водяной контур таких реагентов, как хеламин, цитамин и др.

Для котлов утилизаторов работающих по последовательной схеме подачи питательной воды в контуры циркуляции в первую очередь необходимо учитывать расходные характеристики: расход пара из контуров циркуляции, расход продувки по каждому контуру и долю питательной воды поступающей, как на контур низкого давления, так и на контур высокого давления. В основном схема последовательной подачи питательной воды (первым походу питательной воды идет контур низкого давления, затем питательная воды поступает в контур высокого давления) используется для двух контурных котлов утилизаторов.

Из опыта эксплуатации известно, что электропроводность теплоносителя сильно зависит от концентрации аминоксодержащих реагентов, в частности хеламина [1]. Отсюда следует, что по показаниям электропроводности питательной воды и электропроводности теплоносителя в контурах циркуляции, можно контролировать дозу корректирующих реагентов для оптимального ведения водно-химического режима котлов утилизаторов при последовательной схеме подачи питательной воды.

Для поддержания оптимальных концентраций аминоксодержащих реагентов в контуре циркуляции низкого давления котла утилизатора при последовательной схеме подачи питательной воды и оптимальной работы насоса дозатора электропроводность в контуре циркуляции низкого давления выражается в следующем виде, выражение 1.

Для контура низкого давления:

$$\chi_{\text{кц1}} = \frac{D_{\text{ПВ}} \times (\alpha_{\text{ПВ до}} + \frac{D_{\text{НД1}} \times \alpha_{\text{НД}}}{D_{\text{ПВ}}})}{(D_{\text{ПВ}} - D_{\text{П1}} \times (1 - K_{\text{П1}}))} \quad (1)$$

Для контура высокого давления необходимо учитывать концентрацию корректирующего реагента, поступившего из контура низкого давления, сравнить ее с нормируемым значением, если значение, ниже нормируемых показателей, необходимо произвести дополнительный ввод реагента для достижения нормируемых показателей.

Электропроводность в контуре циркуляции высокого давления, уравнение 2:

$$\chi_{\text{кц2}} = \frac{D_{\text{ПВ}} \times (D_{\text{ПВ}} - D_{\text{П1}}) \times (\alpha_{\text{ПВ до}} + \frac{D_{\text{НД1}} \times \alpha_{\text{НД}}}{D_{\text{ПВ}}} + \frac{\alpha_{\text{НД}} \times D_{\text{НД2}}}{D_{\text{П2}} \times K_{\text{П}} + D_{\text{ПР2}}})}{(D_{\text{ПВ}} - D_{\text{П1}} (1 - K_{\text{П1}})) \times (D_{\text{П2}} \times K_{\text{П2}} + D_{\text{ПР2}})} \quad (2)$$

На рисунках 1 и 2 представлены алгоритмы (структурные схемы) управления насосами дозаторами аминоксодержащих реагентов. Причем показания электропроводности теплоносителя в контурах низкого и высокого давления будут контролирующими показателями, а показание значения pH сигнализирующий показатель, по которому необходимо отключать насос дозатор при достижении верхнего значения pH.

Рис 1. Алгоритм (структурная схема) управления работой насоса дозатора аминокислотных реагентов для контура низкого давления.

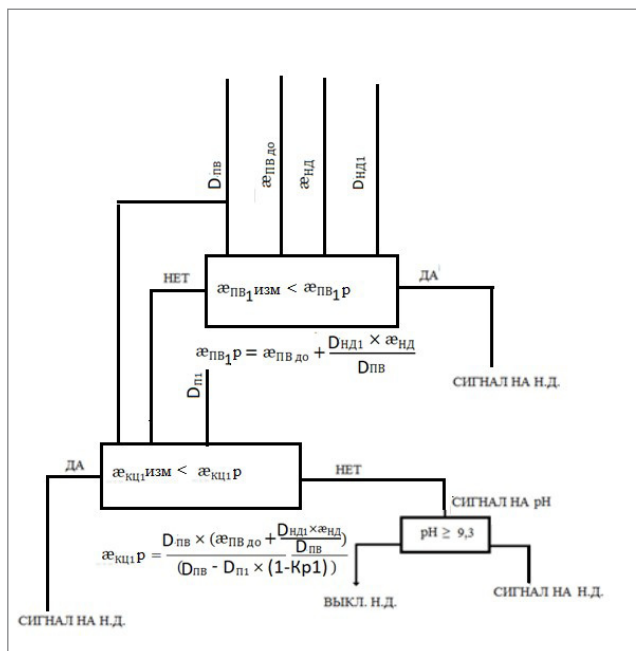
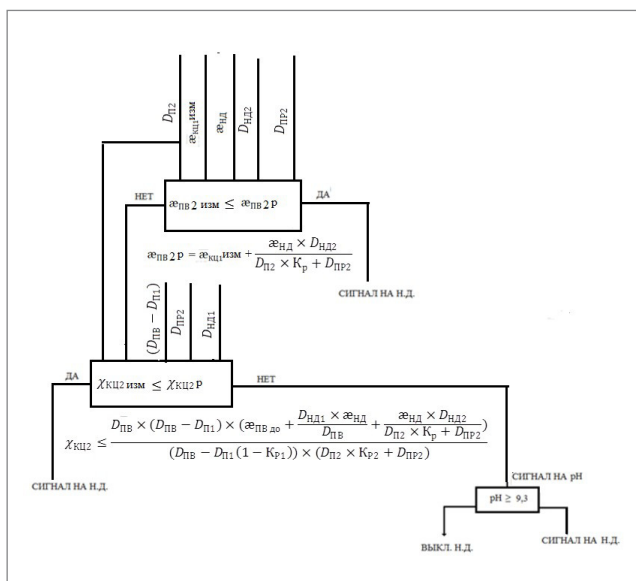


Рис 2. Алгоритм (структурная схема) управления работой насоса дозатора аминокислотных реагентов для контура высокого давления.



Список литературы

1. *Николаев П. А.* Изучение влияния пленкообразующего амина на коррозию сталей в жидкой среде при высоких температурах и в зоне фазового перехода паровых турбин. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М. НИУ «МЭИ». 2007 г.
2. *Бутунер Л. М., Позин М. Е.* Математические методы в химической технике. 6-е издание. Л. Химия 1971 г. 824 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОМУ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПОДГОТОВКИ ПРОБЫ И КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

К.т.н. С. В. Кует¹, к.т.н., доц. А. Е. Верховский²

¹ООО «НПП «ТЕХНОПРИБОР», г. Москва, Россия

²ФБГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия

E-mail: s.kiet@tehnopribor.ru

В настоящее время большое внимание в энергетике уделяется надежности и безопасности основного и вспомогательного оборудования электростанций, бесперебойному снабжению потребителей электроэнергией, что невозможно без комплексного подхода к автоматизации энергетического производства. На все вышеуказанное влияет качество воды и пара (то есть, степень загрязнения теплоносителя), которое необходимо контролировать в режиме реального времени. В настоящее время на большинстве ТЭС и АЭС внедрены и введены в эксплуатацию системы контроля и управления ВХР.

Основой этих систем являются устройства подготовки пробы и приборы химического контроля. Среди российских производителей Московское научно-производственное предприятие «ТЕХНОПРИБОР» с 1990 года разрабатывает и серийно производит наиболее полный спектр переносных и стационарных приборов для контроля параметров водно-химического режима основного оборудования атомных и тепловых электростанций, а также устройств подготовки пробы.

За 30 лет работы НПП «ТЕХНОПРИБОР» заняло лидирующие позиции на рынке производителей и поставщиков оборудования и аналитических приборов контроля водных сред, предлагая своим клиентам наиболее полный комплекс услуг по вводу в эксплуатацию систем контроля и управления ВХР, а именно:

1. Разработка приборов химического контроля на базе собственного научно-технического центра, позволяющего быстро и гибко реагировать на запросы и предложения Заказчиков.
2. Собственное производство, позволяющее минимизировать расходы (грамотная ценовая политика), а также строго контролировать качество продукции, что подтверждено сертификатами стандарта качества ИСО 9001:2011.
3. Проектирование систем химического контроля качества (проектно-сметной документации) водного теплоносителя для атомных и тепловых электростанций.
4. Комплексное сопровождение проектов «под ключ»: монтаж, шеф-монтаж, пуско-наладка, обучение персонала, гарантийное и постгарантийное обслуживание.
5. Собственный метрологический центр, проводящий калибровку и поверку аналитических приборов и весового оборудования российского и зарубежного производства.
6. Учитывая важность грамотной эксплуатации оборудования систем АХК, для обеспечения его надежной работы, на базе предприятия создан учебный центр для подготовки персонала объектов энергетики основам обслуживания аналитических приборов и систем пробоподготовки.
7. Полноценная техническая поддержка, включая возможность технического обслуживания оборудования на объекте Заказчика, расширенная гарантийная поддержка (расширенная гарантия до 5 лет), предоставление оборудования для бесплатного тестирования на объекте Заказчика.

С момента основания в 1990 году в НПП «ТЕХНОПРИБОР» создано и активно развивается научное направление, основными задачами которого являются:

1. Разработка основной концепции создания системы контроля качества водных сред с учетом новых технологий и научных разработок:

- новые подходы к созданию датчиков аналитических приборов;
 - новые подходы к разработке вторичных преобразователей;
2. Разработка инновационных конструкторских решений по компоновке отдельных узлов приборов на стендах химического контроля.
 3. Создание и внедрение новых элементов в систему УПП (устройства подготовки пробы).
 4. Разработка промышленного дизайна для выпускаемой продукции.
 5. Ужесточение норм ВХР на атомных и тепловых электростанциях приводит к необходимости разработки новых методов измерений качества водного теплоносителя и внедрения систем АХК нового поколения, обеспечивающих точность и надежность в области микроконцентраций.
 6. Анализ ведущего мирового опыта производства измерительных систем.
 7. Ввод в эксплуатацию современного энергетического оборудования поставил задачу автоматического измерения новых показателей, таких как, например, общий органический углерод.
 8. На базе кафедры АСУТП «НИУ МЭИ» разработан стенд химконтроля (см. рис. 1), работающий в дистанционном режиме, а также в составе единой информационной системы с выводом информации на автоматизированное рабочее место (АРМ). Стенд можно использовать для:
 - обучения студентов и подготовки дипломных проектов;
 - обучения персонала Заказчика с устройством и работой приборов, методиками обслуживания и калибровки;
 - научной работы аспирантов и докторантов.

В настоящее время происходит переход от разнесенной установки датчиков, вторичных преобразователей и устройств подготовки пробы к объединению их в одном помещении на одном стенде химконтроля. Укомплектованный стенд, включает в себя все необходимые приборы и системы, монтажную арматуру и вспомогательное оборудование, что значительно упрощает монтаж, пуско-наладку и обслуживание системы автоматического химконтроля, а также существенно экономит производственные площади.

Стенды химконтроля проектируются и изготавливаются индивидуально по требованиям Заказчика и в соответствии с нормируемыми показателями ВХР.

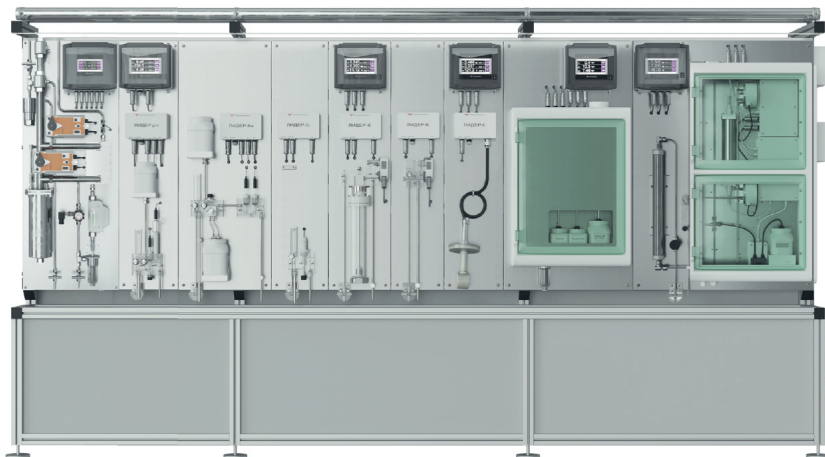


Рис 1. Комплексный стенд химического контроля в составе (слева направо): УПП-20МА с возможностью автоматического поддержания заданной температуры пробы и дополнительной системой доохлаждения пробы ниже температуры охлаждающей воды; система «ЛИДЕР» с каналами pH, натрия и кислорода, система «ЛИДЕР-300» с каналом АПК; система «ЛИДЕР-300» с кондуктометрическим каналом и каналом концентратомера; система «ЛИДЕР-300» с каналом ТОС и система «ЛИДЕР-300» с каналом общей жесткости.

На основании многолетнего опыта, Научно-техническим центром НПП «ТЕХНОПРИБОР» сформулированы и реализованы инновационные подходы к созданию аналитических приборов нового поколения. Таким образом, разработаны и

запущены в серийное производство интеллектуальные приборы серии ЛИДЕР (см. рис.2):

1. Использование самой современной электронной базы позволило создать многоканальные измерительные комплексы контроля качества водных сред. Универсальная 1/2/3-канальная система, способная одновременно работать с разными типами датчиков (до 10 видов измерений в любом сочетании), делает систему химконтроля более компактной и удобной в обслуживании. Выбор типа измерений осуществляется в меню прибора. Модульная конструкция стационарных приборов серии ЛИДЕР-100/200/300 позволяет значительно снизить трудоемкость технического обслуживания системы и объем ЗИПа при комплексных поставках оборудования.
2. Возможность одновременного подключения всех распространенных типов датчиков в любом сочетании: кондуктометра, иономеров (рН-метра, Na-метра), кислородомера, водородомера, концентратомера, анализатора общего органического углерода ТОС, анализатора жесткости, анализатора рН и содержания аммиака в чистых средах без применения стеклянных электродов. В рамках многоканальной системы разработан концентратомер ЛИДЕР-С нового поколения с бесконтактным индуктивным датчиком. Его уникальной особенностью является минимальный предел чувствительности, который составляет 2 мкСм/см, что позволяет с высокой точностью измерять не только концентрации растворов широкого перечня солей, кислот и щелочей, но и концентрации аминов, аммиака и гидразина.
3. Полностью модернизирован наиболее распространенный на объектах энергетики датчик проводимости серии ДК, что позволило значительно расширить диапазон измерений (10 нСм/см – 800 мкСм/см) и улучшить погрешность (класс точности) кондуктометрического канала ЛИДЕР-К до 1%. Применение титана при изготовлении электродов

обеспечивает сходимость с образцовыми средствами измерений с платиновыми электродами. Важной конструктивной особенностью датчиков ДК, применяемых в составе анализаторов серии ЛИДЕР-100/200/300 является постоянство константы датчиков после осуществления их сборки и разборки, в результате чего отсутствует необходимость готовить растворы и проводить калибровку, что значительно сокращает трудоемкость обслуживания и в целом повышает надежность измерений.

4. Для облегчения обслуживания и повышения достоверности измерения показателей рН и рNa, в составе многоканальной системы ЛИДЕР-100/200/300 создана система контроля ресурса измерительных электродов. Погрешность канала измерения рН составляет уникальные 0.02 ед. при условии использования буферных растворов 1 разряда. При использовании более дешевых растворов 2 и 3 разрядом погрешность измерительного канала составляет стандартные 0.05 ед. рН, что позволяет пользователю определять стоимость эксплуатации исходя из своих потребностей. Отсутствие в составе гидравлических блоков электрических и подвижных частей значительно повышает надежность работы.
5. С целью снижения трудоемкости обслуживания, и получения правильной калибровочной кривой и повышения точности измерений измерительных каналов ЛИДЕР-О2 и ЛИДЕР-Н2 в составе системы ЛИДЕР-100/200/300 разработаны универсальные модули поверки и калибровки МПК-01 и МПК-02 со встроенным компрессором. В результате достигнут нижний предел измерений от 0.8 мкг/дм³ при основной погрешности комплекта 3%. Разработана система автоматической диагностики состояния и контроля остаточного ресурса до обслуживания измерительной ячейки.
6. Разработан анализатор общего органического углерода ЛИДЕР-ТОС. Его ключевой особенностью является встро-

енная система автоматической подачи калибровочных и рабочих растворов, что позволяет использовать его не только в системах автоматического химического контроля с непрерывной подачей пробы, но и в лаборатории с забором измеряемых проб из емкостей. Данная конструктивная особенность и дешевизна запасных частей делает анализатор универсальным и позволяет многократно снизить стоимость внедрения нового типа измерений на объектах энергетики по сравнению с зарубежными аналогами.

7. В рамках измерительной системы ЛИДЕР-300 разработан измерительный канал жесткости ЛИДЕР-dH. Его уникальной особенностью является не имеющий аналогов в нашей стране и за рубежом нижний предел измерений от 0,1 мгк-экв/дм³, что дает возможность использовать его не только в точках контроля параметров сетевой воды, но и в большой энергетике.
8. В составе системы ЛИДЕР-300 разработан уникальный анализатор ЛИДЕР-АПК, позволяющий без применения стеклянных электродов на основе стандартных каналов измерения электропроводимости прямой и Н-катионированной пробы без усложнения конструкции осуществлять вычисление значений pH и аммиака в кислых и щелочных средах, что выводит надежность и достоверность измерений на революционно новый уровень. Данная разработка отмечена многочисленными зарубежными европейскими наградами, а полная сходимость подтверждена опытом промышленной эксплуатации в составе комплексных систем автоматического химического контроля.

Ниже, в таблице 1 представлен перечень современных анализаторов химконтроля НПП «ТЕХНОПРИБОР» серии «ЛИДЕР-100/200/300», в производстве которых нашли свое применение новые разработки научного центра, позволившие значительно повысить уровень приборов.



Рис 2. Система «ЛИДЕР-300» с каналами ЛИДЕР-рН, ЛИДЕР-Na, ЛИДЕР-О2/Н2 (слева) и система «ЛИДЕР-300» с каналом общего органического углерода (ЛИДЕР-ТОС) (справа).

**Таблица 1. Перечень измерительных каналов, входящих в систему
«ЛИДЕР-100/200/300»**

Измерительный канал системы	Показатель и диапазон его измерения	Точность
удельная электропроводность	УЭП от 10 нСм/см до 100 мСм/см солесодержание от 0,01 мкг/кг до 10 г/кг	±1,0% ±2,5%
рН	от 0 до 14 рН ЭДС/ОВП от -2500 мВ до +2500 мВ	±0,02/0,05 рН ±1 мВ
натрий	от 0,1 мкг/л до 99,9 г/л	±10,0%
кислород	от 0,8 мкг/л до 20,0 мг/л	±3,0%
водород	от 0,8 мкг/л до 2,0 мг/л	±3,0%
Анализатор примесей в чистой воде (АПК)	от 5,5 до 11,5 рН концентрации хлоридов от 0 до 100 мкг/л концентрации натрия от 0 до 100 мкг/л концентрации аммиака от 0 до 1000 мкг/л	±0,05 рН ±10% ±10% ±5%
общий органический углерод ТОС	от 0,05 до 1000 мкг/л	±10%
концентратомер	УЭП ₂₅ от 2 мкСм/см до 2000 мСм/см массовой концентрации вещества от 0,01 до 99,9%	±1,0% ±4,0%
общая жесткость	от 5 до 10000 мкг-экв/л	±5,0%

При работе систем автоматического химического контроля особенно актуальной является проблема подготовки пробы перед подачей ее на автоматические и переносные анализаторы.

На основании рекомендаций специалистов ВНИИ АЭС и НИАЭП, а также специалистов предприятий тепловой и атомной энергетики, научно-техническим центром НПП «ТЕХНОПРИБОР» было разработано новое поколение устройств подготовки пробы, отвечающее самым современным требованиям и учитывающее специфику применения на АЭС, а также на объектах энергетики с дефицитом холодной охлаждающей воды.



Рис 3. Базовая модель УПП с охлаждением пробы УПП-20МВ (слева) и УПП с до-охлаждающим модулем с использованием элементов Пельтье и системой автоматической стабилизации температуры пробы УПП-20МА (справа).

Основными особенностями УПП-20МА нового поколения являются:

1. Модульная конструкция системы, позволяющая адаптировать её под практически любое техническое требование Заказчика.
2. Возможность установки температуры в системе стабилизации температуры пробы.
3. Полный контроль параметров пробы с помощью датчиков давления, расхода и температуры.
4. Вторичный преобразователь с цветным сенсорным дисплеем с интуитивно понятной структурой меню и поддержкой аналоговых токовых и цифровых выходов RS-485/Modbus и Ethernet/Modbus.
5. Очень часто при использовании проточных приборов АХК возникают проблемы с качеством пробы, поступающей на первичные датчики. Механические фильтры УПП не всегда справляются с очисткой водного теплоносителя. С целью защиты измерительных элементов от загрязнения и предотвращения выдачи в СКУ ВХР недостоверной информации от приборов АХК, в УПП предусмотрена возможность автоматического отключения подачи пробы на приборы по достижении ее предельной степени загрязнения.
6. В конструкции УПП предусмотрено использование быстроразъемных соединений, что значительно упрощает монтаж и обслуживание.
7. В системе защиты от перегрева применен энергонезависимый высоконадежный отсечной клапан пробы с возможностью ее дистанционного перекрывания.
8. Применение модуля дополнительного доохлаждения пробы на основе элементов Пельтье, позволяющее снижать температуру пробы до 15 градусов ниже температуры охлаждающей воды.

Изучив многолетний обширный опыт проведения пуско-наладочных работ, научно-техническим центром НПП «ТЕХ-НОПРИБОР» была разработана и сертифицирована не имеющая аналогов переносная малогабаритная измерительная система серии ЛИДЕР-600.

В ЛИДЕР-600 реализованы следующие уникальные особенности:

1. Четыре независимых канала с возможностью одновременного измерения рН, рХ (однозарядных и двухзарядных ионов, в том числе ионов Na^+), содержание растворенного кислорода или водорода, канал измерения температуры.
2. Разработан уникальный малогабаритный высокоэффективный подщелачиватель, что позволило создать компактный (масса менее 500 гр.) гидравлический блок с возможностью измерения концентрации ионов натрия. Достигнута основная погрешность 7%, что значительно ниже основной погрешности стационарных анализаторов.
3. Конструкция гидравлического блока позволяет осуществлять переключение потока через подщелачиватель или байпасировать его, что дает возможность одновременно измерять на одной пробоотборной линии Na (рХ) и рН.
4. Основная погрешность канала измерения рН ЛИДЕР-600 составляет 0,02 при условии использования буферных растворов 1-го разряда, что впервые дает возможность использовать переносной анализатор в качестве образцового средства измерения для приборов автоматического химического контроля.
5. Использование современной измерительной схемы и оптимизации алгоритма вычислений позволило снизить основную погрешность измерений объемной и массовой

долей O^2 или H^2 до 2,5% при нижнем пределе от 0,8 мкг/дм³, является лучшим показателем среди отечественных стационарных и переносных приборов.

6. Полноценный режим измерения ОВП с основной погрешностью 6 мВ.
7. Впервые среди отечественных переносных анализаторов разработана и внедрена система контроля и оценки остаточного ресурса стеклянных электродов и сенсоров O^2/H^2 , что выводит на новый уровень достоверность получаемых измерений и снижает влияние на них человеческого фактора.
8. Модификации гидравлических блоков для различных видов измерений.
9. Возможность работы от аккумуляторов или стандартных батарей.
10. Зарядка и обмен данными с компьютером посредством стандартного кабеля micro USB. Время непрерывной работы на одном заряде до 70 часов.
11. Встроенный архив на 500 измерений с экспортом на ПК.
12. Удобное управление с возможностью блокирования возможности внесения изменений в настройки.
13. Большой контрастный дисплей с регулируемой подсветкой.
14. Алгоритмы измерений унифицированы с ЛИДЕР-100/200/300.
15. Эргономичный компактный корпус

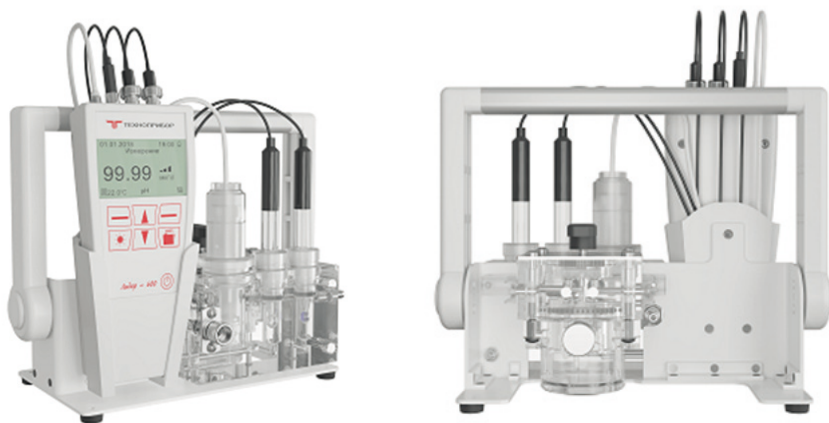


Рис 4. ЛИДЕР-600 в варианте с проточной комбинированной ячейкой Na-pH/O2-H2.

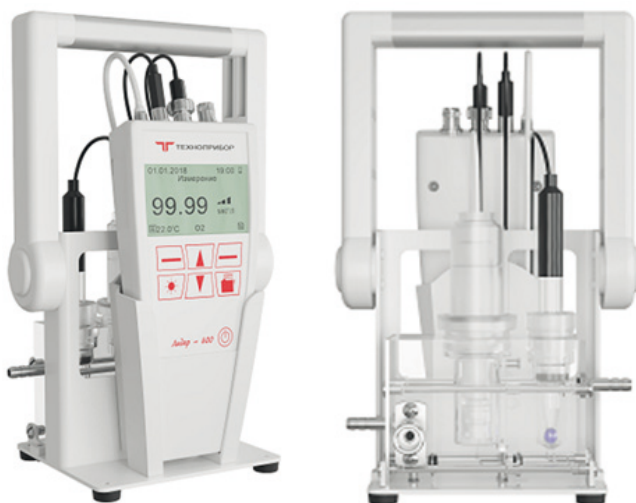


Рис 5. ЛИДЕР-600 в варианте с проточной комбинированной ячейкой pH/O2-H2.

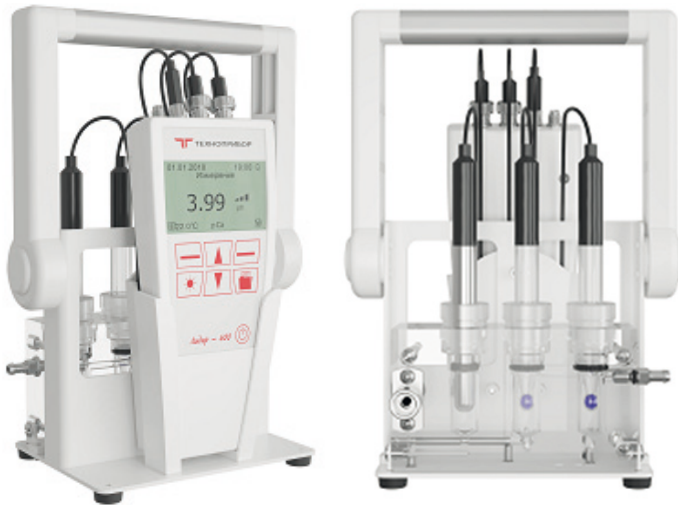


Рис. 5. ЛИДЕР-600 в варианте с проточной комбинированной ячейкой рХ/рН.



Рис. 6. ЛИДЕР-600 в варианте с проточной ячейкой рН (слева) и проточной ячейкой O₂-H₂ (справа).

Таблица 2. Метрологические характеристики измерительных каналов, входящих в систему «ЛИДЕР-600»

Наименование характеристик	Значение
Диапазон измерений массовой концентрации ионов натрия, г/дм ³	от 10 ⁻⁸ до 100
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений массовой концентрации ионов натрия, мкг/дм ³	±(0,03+0,07 C)*
Диапазон измерений pH	от 0 до 14
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений pH	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений pH при температуре анализируемой среды от 15 до 25 °С и градуировке по буферным растворам pH 1-го разряда	±0,02
Диапазон измерений рХ	от 1 до 7
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений рХ	
– однозарядные ионы (Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Ag ⁺ , F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻)	±0,03
– двухзарядные ионы (Ba ²⁺ , Ca ²⁺ , Cu ²⁺ , S ²⁻)	±0,05
Диапазон измерений ОВП, мВ	от -2490 до +2490
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ОВП, мВ	±6
Диапазон измерений массовой концентрации растворенного в воде кислорода, мкг/дм ³	от 0 до 20 10 ³
Диапазон измерений массовой концентрации растворенного в воде водорода, мкг/дм ³	от 0 до 2 10 ³
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений массовой концентрации растворенного в воде кислорода (водорода), мкг/дм ³	±(0,8+0,025 C)**
Диапазон измерений объемной доли кислорода (в воде), %	от 0 до 40
Диапазон измерений объемной доли водорода (в воде), %	от 0 до 100
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений массовой доли кислорода/водорода, %	±(0,05+0,025 C)***
* C – измеренная массовая концентрация ионов натрия, мкг/дм³ ** C – измеренная массовая концентрация растворенного кислорода (водорода), мкг/дм³ *** C – измеренная объемная доля кислорода (водорода), % **** результат измерений, в зависимости от выбранной размерности, выводится на дисплей анализатора в единицах рХ, массовой или молярной концентрации, связанных между собой следующими формулами: $C = 10^{-pX}$, где C – молярная концентрация, моль/дм³; $C = M \times 10^{-pX}$, где C – массовая концентрация, г/дм³; M – молярная масса иона, г/моль.	

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБМЕННОЙ ЕМКОСТИ КАТИОНИТОВ В ПРОЦЕССЕ РЕГЕНЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТА АМИНАТ^{ТМ} ДС

К.т.н. О. В. Гусева

ООО НПФ «Траверс», Москва, Россия

E-mail: guseva@travers.su

Основным методом подготовки добавочной воды для систем теплоснабжения и паровых котлов низкого давления остается метод натрий-катионирования, позволяющий надежно обеспечить удаление катионов жесткости из обрабатываемой воды. Однако продолжительность межрегенерационного периода в ходе эксплуатации натрий-катионитных фильтров на многих объектах уменьшается. Чаще всего уменьшение фильтроцикла при постоянном расходе воды связано с наличием соединений железа в воде. Несмотря на установку механических фильтров с применением современных фильтрующих материалов и наличие предочистки соединения железа не удаляются полностью и снижают влияют обменную емкость катионитов.

Для восстановления обменной емкости катионитов уже более 20 лет используется реагент АМИНАТ^{ТМ} ДС, представляющий собой водный раствор смеси солей органических комплексообразователей на основе фосфоновых кислот. Использование АМИНАТа^{ТМ} ДС для восстановления обменной емкости основано на способности фосфонатов адсорбироваться на микроразордышах и коллоидных частицах нерастворимых соединений, к которым относятся гидроокиси железа и труднорастворимые соли кальция и магния [1]. Адсорбируясь, фосфонаты образуют новые более прочные агрегаты с катионами, переводя их с поверхности в объем раствора. Имея более высокую плотность заряда и большие константы устойчивости, соединения железа эффективнее взаимодействуют с фосфоновыми комплексообразователями. Это свойство фосфонатов и позволило их применять для удаления соединений железа с поверхности зерен катионита.

Как показала практика использования АМИНАТа™ ДС [2], наиболее эффективное удаление соединений железа происходило при добавлении АМИНАТа™ ДС в регенерационный раствор. При этом реагент мог добавляться как в бак мерник концентрированного 26% раствора соли, так и после разбавления в 8% NaCl, но в обоих случаях АМИНАТ™ ДС равномерно подавался на катионит в течение всего этапа пропуска регенерационного раствора. В ходе эксплуатации натрий-катионитных фильтров использовалась циклическая технология АМИНАТа™ ДС, разработанная специалистами ООО «НПФ «Траверс». Реагент добавлялся в ходе пяти последовательных регенераций фильтров, а затем в ходе последующих пяти — регенерация проводилась как обычно — пропускали только раствор соли.

В данном докладе будут представлены результаты работы по восстановлению обменной емкости катионита КУ-2-8 натрий-катионитных фильтров ХВО ЦЭС ОАО «Боровический комбинат огнеупорных материалов». В ходе работ были предложены три способа регенерации фильтров первой ступени ХВО (4 шт.) с добавлением в регенерационный раствор реагента АМИНАТа™ ДС в различные моменты времени этапа регенерации. Определение эффективности использования АМИНАТа™ ДС проводилось с учетом противоионного эффекта в зависимости от содержания и соотношения катионов натрия и жесткости в обрабатываемой воде.

На основании полученных данных была выбрана оптимальная технология регенерации с добавлением АМИНАТа™ ДС после пропуска половины объема регенерационного раствора. Получено, что рабочая обменная емкость катионита КУ-2-8 увеличилась на 15–20%. Использование реагента АМИНАТа™ ДС позволило увеличить продолжительности фильтроциклов и сократить расход воды на собственные нужды также примерно на 15%.

Список литературы

1. Балабан-Ирменин Ю.В., Рудакова Г. Я., Маркович Л. М. Применение антинакипинов в энергетике низких параметров. М., Новости теплоснабжения, 2011.
2. Лебедева Т.И. Применение реагентов марки АМИНАТ в теплосетях г. Тулы. Восстановление обменной емкости катионитов. // Сборник докладов III научно-практической конференции «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования», М. 2009.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД («ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИКЛАР ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД, А ТАКЖЕ ДЛЯ ВОДООБОРОТНЫХ СИСТЕМ С ВЕНТИЛЯТОРНЫМИ ГРАДИРНЯМИ»)

Балаев И. С., Спиридонов Н. Е.

*ООО “ИЦ Объединенные водные технологии” (ГК МИРРИКО),
Казань, Россия*

E-mail: npp_owt@mail.ru

Специалистами ОВТ разработана и опробована на пилотных установках принципиально новая инновационная технология динамического освещения воды, с использованием динамических осветлителей (ДО) и динамических осветлительных фильтров (ДОФ) ДИКЛАР/DYCLAR (Dinamic Clarification) для очистки природных и сточных вод.

Принципиально динамический осветлитель основан на технологии контактного коагуляционного освещения воды, но вместо тяжелой загрузки (гравий, кварцевый песок), применяемой, например, в безнапорном контактном осветлителе КО-3, этот метод реализован в напорном фильтре с плавающей загрузкой. Традиционно в таких фильтрах в качестве фильтрующего материала используют гранулированный вспененный пенополистирол, обладающий низкой механической прочностью

Отличительной особенностью аппаратов ДО являются усовершенствованные нижние и верхние дренажно-распределительные устройства, а также использование в качестве фильтрующей загрузки гранулированного плавающего инертного полимерного материала, далее называемого ИНЕРТ (размеры гранул 3–7 мм, плотность 0,8–0,9 г/см³), обладающего высокой механической прочностью.

Принцип работы ДО представлен на рис. 1.

Предварительно в исходную воду дозируется коагулянт, после чего она находится в течении 5–15 минут (в зависимости от температуры) в напорном реакторе хлопьеобразования (РХО. После РХО в воду дозируется флокулянт.

Фильтрация воды в ДО производится восходящим потоком через слой сжатого за счет выталкивающей силы инертного материала, на котором происходит «налипание» хлопьев загрязняющих веществ.

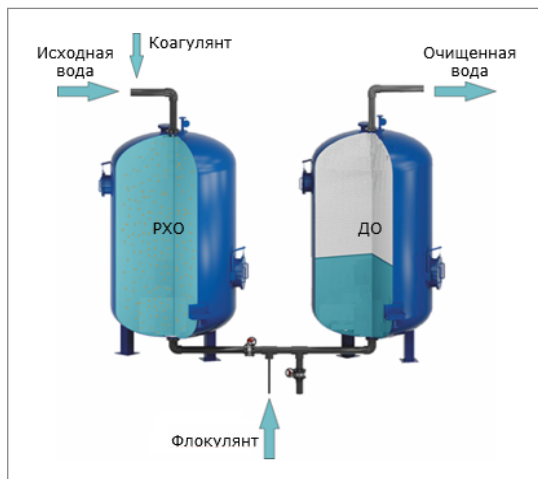


Рис. 1. Принцип работы динамического осветителя



Рис. 2. Стадии промывки ДО

Периодическая взрыхляющая промывка инертного материала производится сначала сжатым воздухом с предварительным частичным дренированием воды, что позволяет обеспечить его 100% очистку (эффект трения зерен в слое воды и очистка от налипших к ним загрязнений). Затем производится водная промывка нисходящим потоком, для удаления тяжелых загрязнений, что позволяет исключить эффект кольматации фильтрующей загрузки и сократить объем сточных вод до 3% от производительности установки ВПУ.

Отключение ДО на взрыхляющую промывку производится при перепаде давления после него свыше $1,5 \text{ кгс/см}^2$ (что происходит примерно 1 раз в сутки), а отключение МФ — при перепаде давления свыше $0,5 \text{ кгс/см}^2$ (примерно 1 раз в 2 суток).

Таблица 1

№ п.п.	Наименование показателей	Единица Измерения	Исходная вода	После ДО	После МФ
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	2,2-62,5	0,4-1,0	0,3-1,0
2	Мутность	мг/дм ³	2,5-48,5	0,03-0,15	0,03-0,13
3	Содержание окислов железа	мг/дм ³	0,45-2,8	0,03-0,1	0,02-0,1
4	Перманганатная окисляемость	мгО ₂ /дм ³	3,5-8,3	1,8-3,0	1,8-3,0
5	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,3-0,4	0,07-0,09	0,07-0,09
6	Фосфаты	мг/дм ³	0,1-1,2	0,01-0,02	Менее 0,01
7	рН	-	7,7-8,6	7,0-7,6	7,0-7,6

Учитывая, что в качестве инертного плавающего материала используются зерна из высокопрочного полимера, при водо-воздушной промывке не происходит его механического истирания в отличие от песка и гидроантрацита. Отсюда срок службы материала ИНЕРТ составляет не менее 20 лет.

Следующим шагом во внедрении технологии была разработка комбинированного устройства, получившего название «Динамический осветительный фильтр» (ДОФ), представляющий собой вертикальный двухкамерный аппарат, состоящий из верхней камеры динамического осветления и нижней камеры тонкой очистки. Верхняя камера заполнена плавающим Инертом и выполняет функцию

ДО, а нижняя камера загружена тяжелой загрузкой (кварцевый песок, гидроантрацит) и выполняет функцию МФ (рис. 4).

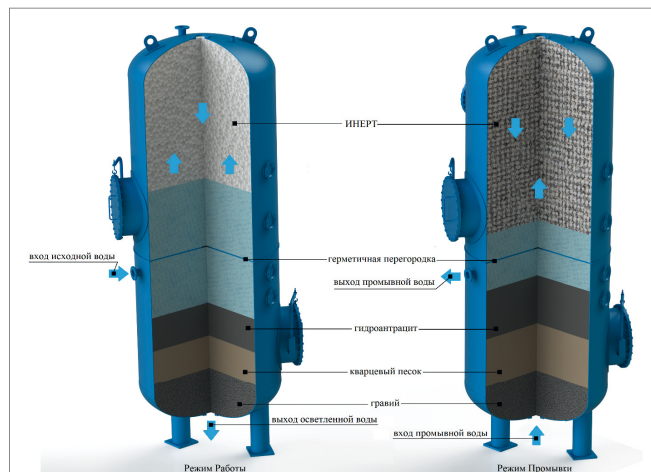


Рис. 3. ДОФ

На нефтехимическом заводе в г. Павлодар (РК) с 2013 года эксплуатируется установка очистки речной воды для подпитки водооборотных циклов производительностью 75 м³/ч с использованием трех ДОФ диаметром 1,5 м. Эксплуатация ДОФ производится в автоматическом режиме. Применение ДОФ при низких капитальных затратах и малых габаритах здания (9х15 м.) позволило обеспечить высокое качество воды в водооборотных циклах и отказаться от периодических (3–4 раза в год) чисток теплообменного оборудования.

В последующим технология ДИКЛАР динамического осветления была внедрена на следующих предприятиях:

- Нижнекамская ТЭЦ, 2015 г., ДО, 75 м³/ч, очистка промывневых сточных вод;
- Воронежсинтезкаучук в 2015 г., ДО, 480 м³/ч, очистка воды из реки Воронеж для подпитки водооборотных циклов;
- шахта Костромовская, (ООО “ММК УГОЛЬ”) 2018 г., ДО, 420 м³/ч, очистка сточных шахтных вод;
- Барнаульская ТЭЦ-3, 2018 г., ДОФ, 500 м³/ч, очистка воды из реки Обь для подпитки теплосети;

— АО «Фосфорит», г. Кингисепп, 2018 г., ДОФ, 160 м³/ч, очистка воды из реки Луга для подпитки энергетических котлов.

В 2017 г. были проведены пилотные испытания технологии динамического осветления в доочистке биологически очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод на ООО «Рузская тепловая компания» (г. Руза, Московская обл.), которые показали высокую степень очистки не только по взвешенным веществам, что обеспечивается многими конструкциями фильтров, но и по таким гораздо сложнее снижаемым показателям, как фосфор, БПК и даже железо. Полученные результаты позволили применить данную технологию в проекте сооружений доочистки на ОСК г. Истра.

Область применения технологии динамического осветления и состав оборудования

Тип очистки	Удаляемые загрязнения	Потребитель (сброс очищенных стоков)	Применяемое оборудование
Очистка поверхностных вод	Удаление взвеси, железа, окисляемости, цветности	Питьевая вода.	ДО-МФ, ДОФ
		Промводоснабжение	Для ответственных ситуаций: ДО-МФ, либо ДОФ. Для оборотного охлаждения - ДО.
Доочистка хозяйственно-бытовых сточных вод. (после аэротенков и вторичных отстойников)	Удаление остатков нитратов, нитритов, азота, фосфатов, окисляемости, тяжелых металлов, БПК и ХПК	Сброс в поверхностные водоемы до норм ПДК рыбохозяйственных водоемов. Повторное использование в системе оборотного охлаждения	ДО
Очистка шахтных вод	Удаление тяжелых металлов, нитратов, азота, фосфатов, взвеси, окисляемости	Сброс в поверхностные водоемы до норм ПДК рыбохозяйственных водоемов	ДО
Очистка подземных (артезианских) вод	Обезжелезивание и деманганация после аэрации	Питьевая вода	ДО-МФ, ДОФ

На одном из предприятий (МЦБК) была выполнена реконструкция ВПУ для подпитки открытой теплосети. Исходная вода (р. Волга) температурой 20 °С очищалась на динамических осветлителях до норм СанПиН (цветность 15–20 град, железо 0,0–0,25 мг/дм³). При подачи осветленной воды в атмосферные деаэраторы (температура 104 °С) при нагреве ее происходило увеличение цветности до 25–30 град. С целью доведения качества сетевой воды до норм СанПиН специалистами ОВТ было решено повысить степень очистки речной воды до более жестких показателей (цветность менее 10 град, железо менее 0,1 мг/дм³), за счет дополнительного дозирования гипохлорита натрия перед коагуляцией (эффект разложения железо-органических комплексов). В результате при нагреве осветленной воды сетевая вода соответствовала нормам СанПин (цветность 10–15 град.).

Также интересен опыт внедрения ДИКЛАР для очистки водооборотных циклов (ВОЦ).

На одном из предприятий (МЦБК) была выполнена реконструкция ВПУ для подпитки открытой теплосети. Исходная вода (р. Волга) температурой 20 °С очищалась на динамических осветлителях до норм СанПиН (цветность 15–20 град, железо 0,0–0,25 мг/дм³).

При подачи осветленной воды в атмосферные деаэраторы (температура 104 °С) при нагреве ее происходило увеличение цветности до 25–30 град. С целью доведения качества сетевой воды до норм СанПиН специалистами ОВТ было решено повысить степень очистки речной воды до более жестких показателей (цветность менее 10 град, железо менее 0,1 мг/дм³), за счет дополнительного дозирования гипохлорита натрия перед коагуляцией (эффект разложения железо-органических комплексов). В результате при нагреве осветленной воды сетевая вода соответствовала нормам СанПин (цветность 10–15 град.).

Также интересен опыт внедрения ДИКЛАР для очистки водооборотных циклов (ВОЦ).

В последние 10–15 лет все технические публикации по эксплуатации ВОЦ были в основном связаны с опытом применения именно химических реагентов на отдельных предприятиях.

При этом отсутствует статистика и обобщение опыта использования химреагентов в оборотной воде ВОЦ и их влияние на коррозию и отложения на теплообменном оборудовании, в циркуляционных трубопроводах и на внутренних устройствах градирен.

Но наиболее важной проблемой при эксплуатации оборотных систем являются взвешенные вещества, попадающие в оборотную воду с пылью минерального и органического происхождения из атмосферного воздуха, так как в вентиляторных градирнях средний расход воздуха на охлаждение 1 м^3 оборотной воды составляет $800\text{--}1000 \text{ м}^3$.

Средняя концентрация взвешенных веществ в атмосферном воздухе в районе промпредприятий составляет $0,5\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$. При производительности водооборотной системы $10\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ прирост взвешенных веществ ВОЦ составит $5\text{--}10 \text{ кг/час}$ ($120\text{--}240 \text{ кг/сут}$), что приводит к загрязнению поверхностей теплообменного оборудования, а также внутренних устройств градирен (оросителя, водораспределители).

Для примера при толщине отложений на теплообменниках до $0,3 \text{ мм}$ потребление энергии увеличивается на 10% , что увеличивает текущие эксплуатационные затраты.

Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать следующие заключения по применению технологии динамического осветления воды:

- Технология универсальна и может быть использована для очистки природных и сточных вод. Качественный состав исходной воды по таким показателям как взвешенные вещества, окисляемость, цветность, окислы железа и др. может колебаться в очень широких пределах;
- Всегда гарантируется высокое качество очищенной воды (взвешенные вещества менее $1,0 \text{ мг/дм}^3$, содержание окислов железа и алюминия менее $0,1 \text{ мг/дм}^3$, цветность менее 20 град , сниже-

ние окисляемости на 60–85% и др.), не зависящее от качества исходной воды;

- Используются отечественное оборудование (корпуса фильтров с внутренними устройствами) и фильтрующие материалы (ИНЕРТ, гидроантрацит, кварцевый песок), срок службы которых, соответственно, составляет 30–40 лет и 10–20 лет, а их стоимость значительно ниже в сравнении с импортной поставкой, что обеспечивает низкие капитальные и эксплуатационные затраты;
- Используются отечественные эксплуатационные химические реагенты. Не используются моющие растворы (кислота, щелочь, гипохлорид натрия и др.), которые применяются для ультрафильтрации, и не используется дорогостоящий микропесок (осветлители Actiflo);
- Номинальная скорость фильтрования в аппаратах ДО или ДОФ варьируется в широком диапазоне (2–20 м/ч). Максимальные их значения в десять раз выше по сравнению со скоростью восходящего потока в осветлителях со взвешенным слоем и в 4–5 раза выше по сравнению с контактными осветлителями и самопромывными фильтрами Dynasand;
- Количество промывных сточных вод составляет порядка 3% от производительности установки, что в 3–10 раз меньше в сравнении с известными технологиями очистки (осветлители, самопромывные фильтры, ультрафильтрация);
- Упрощенная автоматизация основного технологического потока — дозирование реагентов (коагулянт, флокулянт) по единственному показателю (расход исходной воды), а отключение фильтров на промывку производится по сигналу перепада давления;
- В отличие от зарубежных технологий (ультрафильтрация, осветлители Actiflo, фильтры Dynasand) для технологии динамического осветления отсутствуют жесткие требования к надежности всего вспомогательного оборудования (насосы — дозаторы, лопастные мешалки, приборы КИПиА, арматура и др.). Так, даже аварийное прекращение подачи коагулянта или флокулянта в течение 1–2 часа не приводит к ухудшению качества очищенной воды.

ПОИСК НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ РАСТВОРЕННОГО ЖЕЛЕ- ЗА В ПОДЗЕМНОЙ ВОДЕ

В. А. Смирнов¹, д. т. н. М. С. Волхонов²

¹аспирант ФГБОУВО «КГСХА», директор ООО «Аква-Фильтр»

²ВРИО Ректора ФГБОУВО «КГСХА»

E-mail: akvafiltr@mail.ru

При очистке воды из подземных водоисточников основной проблемой является удаление растворенного — двухвалентного железа. Множество существующих методов обезжелезивания, основанных на окислении железа, с дальнейшим осаждением гидроокиси на поверхности фильтров-осветлителей широко применяются на практике. В качестве окислителей используются кислород — O_2 в составе воздуха, хлор — Cl_2 , диоксид хлора — ClO_2 ; перманганат калия — $KMnO_4$, перекись водорода — H_2O_2 , озон — O_3 [1]. Эффективность окислителя определяет его окислительный — электрохимический потенциал, выраженный в вольтах. Наибольшим окислительным потенциалом обладает озон — 2,07 В. Механизм действия озона может быть описан с помощью прямого окисления, окисления радикалами — непрямого окисления, озонолиз и катализ. Озон нестабилен и быстро разлагается. Период полураспада озона в водной или воздушной среде зависит от температуры.

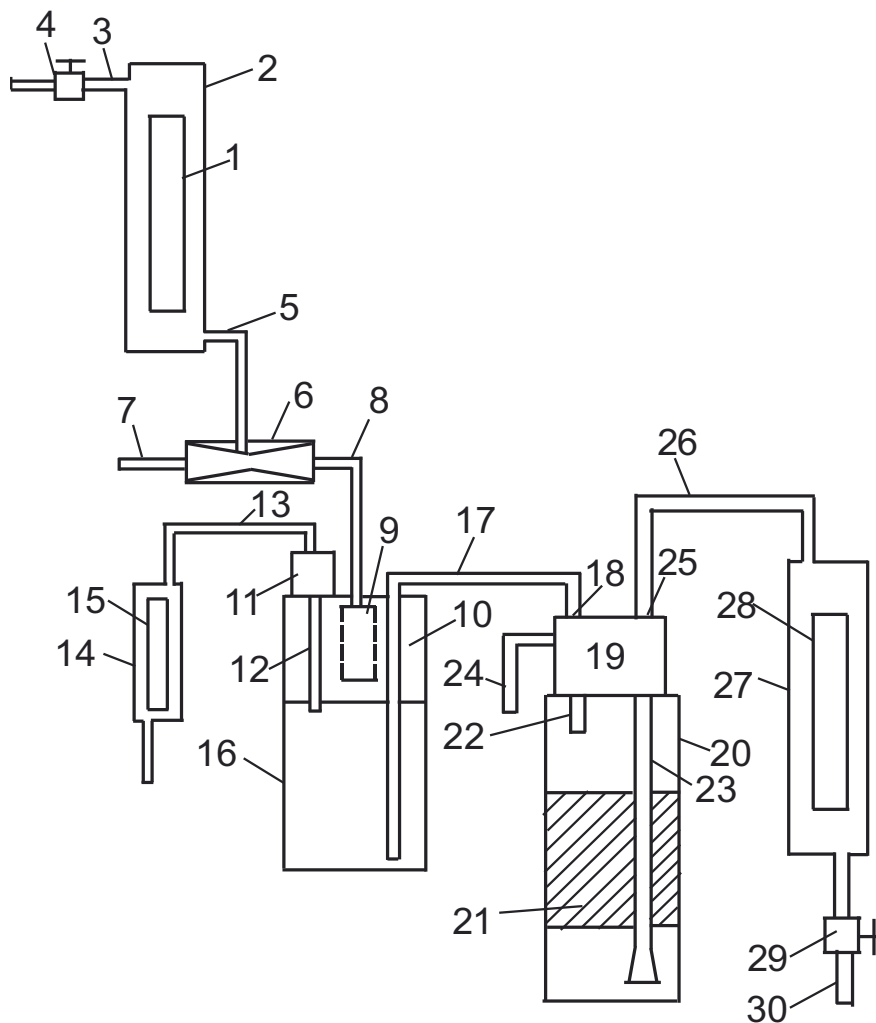
Озон образуется из молекулы кислорода при определенных условиях, когда молекула кислорода может диссоциировать — распадаться на два отдельных атома. Такие условия в природе обеспечиваются при электрических атмосферных разрядах и при воздействии солнечного ультрафиолетового излучения. При этом атомарный кислород не может существовать отдельно и образуется молекула озона. Молекула озона является непрочной, поэтому она нестабильна и склонна к самораспаду.

В системах водоподготовки озон, из-за нестабильности молекулы, производят прямо на месте с помощью генераторов тихого коронного разряда и ультрафиолетовых излучателей.

Концентрация озона в получаемой озоновоздушной смеси при этом сильно отличается. При применении генераторов коронного разряда содержание озона может достигать до 20 грамм O_3 на один m^3 смеси. При ультрафиолетовом излучении концентрация достигает 2,82 грамма O_3 на один m^3 . Из приведенных данных видно, что эффективность генераторов тихого коронного разряда намного выше, что обусловило их высокое распространение в практической водоподготовке, но и возможность использования генераторов озона на основе ультрафиолетового излучения необходимо исследовать, так как их применение более безопасно в практическом плане и может способствовать более широкому применению данного метода водоподготовки на малых станциях очистки и в бытовом использовании. При практическом использовании систем обезжелезивания воды чаще всего в качестве окислителя используют кислород воздуха. Кислород воздуха поступает в обрабатываемую воду с помощью различных методов напорной и безнапорной аэрации. Одним из способов подачи является использование малогабаритных безмаслянных компрессоров. Качество компрессоров последние годы заметно снизилось, что заставило искать новые способы подачи кислорода в обрабатываемую воду. В тоже время использование инжекторов не всегда давало возможность обеспечить необходимый окислительный потенциал воздушной смеси, что ограничивалось техническими возможностями самого инжектора. В результате возникла идея повысить окислительный потенциал с помощью пропуска воздуха до введения в инжектор через УФ лампу-генератор озона. В качестве такой лампы были взяты УФ-генераторы озона фирмы «Sterlight» S8Q-OZ. По данным производителя лампа могла производить озон в концентрации от 1,59 до 2,82 мг/л при прохождении через нее воздушного потока от 141,5 до 28,3 литра в час.

На основании этой идеи было теоритически разработано и запатентовано устройство для обезжелезивания воды озоном, патент RU2740932C1_20210121.

Устройство для обезжелезивания воды



Фиг.1

Авторы: Смирнов В.А., Попов Н.М.

На фиг.1 представлена схема устройства, Устройство работает следующим образом. Ультрафиолетовая лампа 1 излучает длину волны 185 нм в корпусе 2. Ультрафиолетовая лампа 1 имеет ограниченный спектр длины волны, что приводит к образованию озона. Кислород воздуха, поступающего через вентиль 4 по патрубку 3 в корпус 2 под воздействием излучения лампы 1 частично превращается в озон. Вентилем 3 регулируется количество подаваемого воздуха и следовательно количество озono-воздушной смеси. Через патрубок 5 получившаяся в корпусе 2 озono-воздушная смесь поступает в пассивную полость эжектора 6. На вход эжектора 6 подается вода по трубе 7 под давлением. За счет изменения скорости движения воды в эжекторе 6 в струе жидкости образуется разрежение и озono-воздушная смесь засасывается в воду. Смесь воды и озono-воздушных включений через трубку 8 подается на рассекатель 9, установленный в верхней части 10 смесительной камеры 16. Рассекатель 9 разделяет смесь воды и озono-воздушных включений на мелкие струйки, что позволяет улучшить контакт озона с обрабатываемой водой, происходит окисление органических соединений, растворенного железа и марганца. В верхней части 10 смесительной камеры 16 концентрируются озono-воздушная смесь, через которую вода падает в нижнюю часть смесительной камеры 16. Озон окисляет соединения железа, марганца и органических веществ, которые выпадают в осадок в виде гидроокиси. Смесь воды с окислами по трубке 17 из нижней части смесительной камеры 16 поступает на вход 18 регулятора режима работы 19 песчано- гравийного фильтра 20. Регулятор режима работы фильтра 19 закрывает патрубок 24 и подает через патрубок 22 воду в верхнюю часть песчано-гравийного фильтра 20. Окисленные соединения остаются на поверхности фильтрующей загрузки 21, а вода из нижней части песчано-гравийного фильтра 20 по патрубку 23 через регулятор режима работы 19 и выход 25 поступает в корпус 27 третьей ультрафиолетовой лампы 28. Ультрафиолетовая лампа 28 излучает длину волны 254 нм. Эта лампа является деструктором остаточного озона, не вступившего в химические реакции с растворенными

соединениями в обрабатываемой воде. Механизм удаления озона — это диссоциация, которая возникает, когда лампа излучает ультрафиолетовую энергию с длиной волны 254 нм. Такая энергия «разрывает» одну из кислородных связей в молекуле озона. В результате этой реакции каждая молекула озона превращается в один атом кислорода и одну молекулу кислорода. Свободные атомы кислорода соединяются друг с другом, образуя молекулы кислорода O_2 . Таким образом решается проблема исключения остаточного озона в обработанной воде. Вода без озона через регулировочный вентиль 29 по трубе 30 подается потребителям.

Через определенные промежутки времени регулятор режима работы 19 фильтра перекрывает выход 25 и подает воду с озono-воздушной смесью в патрубок 23. Вода проходит в обратном направлении через фильтрующую песчано-гравийную смесь 21 и взвешенные окислы железа с водой и озono-воздушной смесью через патрубок 22 и открытый патрубок 24 сбрасываются в дренаж. Затем регулятор режима работы закрывает патрубок 24 и открывает выход 25. Таким образом осуществляется помывка песчано-гравийного фильтра.

Устройство для обезжелезивания воды озоном реализовано в качестве опытного образца и проходит испытания на трех различных подземных водоисточниках. Информация о результатах испытаний будет опубликована дополнительно.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К.х.н. Муравьев А. Г.

ЗАО «Крисмас+», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: muravyov@christmas-plus.ru

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+» разрабатывает и производит различные портативные изделия для химического анализа воды, воздуха, почвы, пищевых продуктов. Мы выпускаем продукцию для химического анализа — полевые и настольные лаборатории, тест-комплекты, тест-системы, наборы реагентов и т.п. В состав изделий входят готовые к применению аналитические реагенты и их растворы, материалы, посуда, принадлежности и др. Производимая продукция является комплектами изделиями, т.е. они представляют собой подборки всего необходимого для выполнения анализа, а при исчерпании ресурса предусмотрено обеспечение комплектами пополнения. Характерно, что производимые изделия претерпевают периодическую модернизацию, что обусловлено периодическим изменением нормативной базы, улучшением средств комплектации и упаковки (укладки), совершенствованием аналитических рецептур и алгоритмов их применения. Благодаря вышеизложенным свойствам работа оператора-аналитика теряет рутинную подготовительную составляющую; собственно анализ выполняется быстрее, чем позволяют стандартные методики, а отбираемая на анализ проба, как правило, не превышает 50–100 мл. Сходная продукция выпускается, с необходимым учебным обеспечением, и для применения в учебном процессе.

Производимые изделия для химического анализа проб воды представлена оборудованием, различающимся не только по типу продукции (тест-комплекты, полевые и настольные лаборатории, ранцевые лаборатории, наборы реагентов, вспомогательное оборудование), но и существенно отличающиеся по назначению.

Ниже кратко описаны основные виды продукции и перспективы её дальнейшего совершенствования.

1. Лаборатории и тест-комплекты для аналитического химического контроля, применяемые при анализе проб воды и конденсата при эксплуатации котлового и энергетического оборудования [1], производимые и поставляемые нашей компанией с комплектами пополнения уже свыше 15 лет. Эту группу составляют лаборатории для анализа, представленные водно-химической лабораторией ВХЭЛ (3 модификации), тест-комплектами для котловой воды (индекс «КВ» — 9 наименований), а также наборами реактивов и вспомогательным оборудованием. Данные изделия спроектированы специально для анализа по важнейшим показателям, контролируемым при организации водно-химических режимов котлового оборудования, и поставляются совместно с единым руководством по водно-химическому анализу [2]. Важным направлением совершенствования изделий данной группы является расширение круга показателей, важных для химико-аналитического контроля режимов котельного оборудования. В частности, в дополнение к показателям, уже предусмотренным в назначении изделий, проводятся работы по дополнению их показателями, приведёнными в таблице.

Наименование показателя	Нормативный документ	Метод определения
1. Жёсткость общая и кальциевая, ммоль/кг экв.	РД 24.031.120	Титриметрический, с трилоном Б и индикатором хромовым тёмно-синим
2. Сульфаты (приближённое значение концентрации сульфатов), ммоль/кг экв.	РД 24.031.120	Расчётный, по кислотности Н-катионированной пробы
3. Солеосодержание (приближённое значение сухого остатка), мг/кг	РД 24.031.120	Расчётный, по щёлочности и кислотности Н-катионированной пробы
4. Окисляемость перманганатная, мг/кг	РД 24.031.120	Перманганатный (метод Кубеля)
5. Жёсткость условная сульфатно-кальциевая, ммоль/кг экв.	РД 24.031.120	Расчётный
6. Свободная углекислота, мг/кг	РТМ 24.030.24	В конденсате: титриметрический, с раствором щёлочи В газоконденсатной смеси: титриметрический, титрованием избытка щёлочи после связывания углекислоты раствором щёлочи
7. Определение pH, ед. pH	РД 24.031.120	По универсальному индикатору

2. Специализированная настольная лаборатория НКВ-12.1 («Вода природная и водоподготовка» [1]), предназначенная для анализа проб воды по 22 показателям, важным для аналитического контроля в различных технологических процессах водоподготовки, включая природную (исходную) воду. Учитывая широчайший сегмент рынка, осуществляющий водоочистку и водоподготовку, в дополнение к собственно настольной лаборатории НКВ-12.1 могут использоваться и другие комплектные изделия, в первую очередь тест-комплекты для анализа и котловой, и природной воды по показателям, интересующим аналитиков в конкретной технологии водоподготовки, с учётом необходимости получения данных как по воде, прошедшей подготовку, так и по исходной воде. В данном отношении целесообразным применение при анализе портативного оборудования по широкому кругу показателей, важных для аналитического химического контроля [3].

3. Лаборатории и тест-комплекты для химического анализа природных вод, питьевой воды, воды водоёмов хозяйственно-питьевого назначения и т.п. [1]. Данную группу составляют портативные полевые лаборатории контейнерного типа НКВ (2 модификации), настольные лаборатории НКВ-12 (5 модификаций), ранцевые лаборатории НКВ-Р (2 модификации), тест-комплекты (38 наименований). Многие изделия этой группы производятся уже свыше 25 лет. Предусмотренные при анализе показателей качества воды методики, как правило, соответствуют либо аналогичны действующим нормативным документам по анализу (ГОСТ, РД 52, ПНД Ф); ряд показателей определяются по оригинальным методикам, разработанным и аттестованным ЗАО «Крисмас+» и внесённым в Федеральный реестр методов анализа. Изделия, приведённые в данной группе, позволяют анализировать также условно очищенные сточные воды, а также морские воды (по отдельным показателям). Данные изделия поставляются совместно с единым руководством по анализу воды [4].

Направлениями общего эксплуатационного улучшения характеристик продукции мы считаем следующее.

1. Интеграция технологий химического анализа и соответствующего портативного оборудования с расширением возможностей от анализа по отдельным показателям к более широкой области аналитики — аналитическому химическому контролю по многочисленным показателям, предусмотренным действующими нормативными документами. Перечень таких показателей должен быть актуальным как в разнообразных процессах водоподготовки, так и при эксплуатации котлового оборудования. Подобная интеграция возможна на основе агрегирования отдельных аналитических модулей, а также на основе формирования отдельных лабораторий с соответствующими корпусными укладками. В данном отношении необходимым интегрирующим звеном является единое справочное и эксплуатационное руководство оператора с методиками работы (отбора проб, подготовки к анализу, выполнение определений, алгоритм обработки результатов и рекомендации по коррекции режимов).

2. Разработка и серийный выпуск комплектов пополнения с большим ресурсом (500 анализов и более), что позволит ввести портативное оборудование для аналитического химического контроля в повседневную работу аналитических лабораторий энергетических предприятий.

3. Целесообразным является также краткосрочное обучение либо стажировка работников аналитических подразделений или участков их заменяющих, имеющая ныне возможные формы, не связанные с затратами или длительным отрывом от производства (онлайн-технологии) [5].

Список литературы и источников

1. Электронный каталог продукции группы компаний КРИ-СМАС. (Электронный ресурс. Дата обращения 11.10.2021). <https://shop.christmas-plus.ru/catalog/>
2. Водно-химическая экспресс-лаборатория котловая ВХЭЛ: Руководство по применению РП 203–82182574–19.— СПб.: ЗАО «Крисмас+», 2019.— 109 с.

3. Муравьев А. Г. Перспективные методы анализа и оборудование для водоподготовки. «VII НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ И НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ» СБОРНИК ДОКЛАДОВ 25–26 октября 2017 г.г. Москва. (Электронный ресурс, дата обращения 11.10.2021) <https://www.travers.su/upload/iblock/557/55781b8ec110a1d814bfa107ee68ba59.pdf>
4. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А. Г. Муравьева.—Изд. 5-е, перераб. и дополн.—СПб.: «Крисмас+», 2021.— 360 с., илл.
5. Интернет-портал учебного центра КРИСМАС. (Электронный ресурс. Дата обращения 11.10.2021.) <http://u-center.info/>.

IX НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ
И ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ
И НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ»

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

26 - 27 октября 2021 года
г. Москва

ISBN 978-5-9500839-2-1

