

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

Александр Григорьевич Муравьев, директор производственно-лабораторного комплекса НПО ЗАО «Крисмас+», к.х.н.

Аналитический химический контроль (АХК) – одно из важных мероприятий, обеспечиваемых в порядке водно-химического контроля на предприятиях теплоэнергетики. Проведению АХК, методике работы, планам контроля посвящены различные нормативные документы: методические указания [1-4], ОСТ группы 34-70-... и РД 34-37-... («Воды производственные тепловых электростанций. Методы определения показателей качества», 1988-1992 г.г.), МУ 08-47/... «Воды теплоэнергетические. Методики анализа...» (с 2005 г.) и др. Характерно, что многие из указанных документов рекомендованы к исполнению и сегодня, несмотря на давность их введения.

В условиях среднесписочного предприятия теплоэнергетики (например, средней котельной) содержать собственную аналитическую лабораторию представляется в современных условиях проблематичным. И еще более проблематичным является реализация ее персоналом планов АХК с соблюдением комплекса требований – отбора и подготовки проб, правил и объема определений, подготовки реагентов, содержания реагентного хозяйства, учитывая многообразие анализируемых сред и контролируемого оборудования и т.п. (таблица 1).

Таблица 1

### Анализируемые среды и контролируемое оборудование при аналитическом химическом контроле

Анализируемая среда (поток), точка отбора пробы	Паровые технологические котлы	Паровые и энергосберегающие котлы и котлы-утилизаторы (р.д. до 50 кгс/см <sup>2</sup> )	Водогрейные котлы	Прямоточные котлы	Воды производственные тепловых электростанций
Вода после деаэратора			•		
Вода после подпит. насоса			•		
Исходная вода	•	•	•	•	•
Коагулированная вода	•		•		•
Конденсат возвратный				•	•
Конденсат пара	•	•			•
Конденсат турбинный				•	•
Котловая вода	•	•			•
Обессоленная вода					•
Осветленная вода	•		•		
Охлаждающая вода					•
Очищенная вода					•
Питательная вода	•	•		•	•
Подпиточная вода	•				
Сетевая вода после сетевого насоса	•		•		•
Теплофикационная вода					•
Умягченная вода					•
Химически очищенная (обработанная) вода			•		
Циркулирующие воды в системах охлаждения					•

Для большинства ситуаций химический контроль включает текущий оперативный контроль за всеми стадиями подготовки подпиточной воды, включая процесс деаэрации, за водно-химическим режимом тепловой сети, а также углубленный периодический контроль за всеми типами вод с целью фиксации фактического режима энергетической установки в целом (см., например, [3], п. 3.2.1). При отсутствии приборов непрерывной фиксации показателей в котельных всех типов рекомендуется организовать отбор представительных среднесуточных проб этих вод для анализа в дневную смену в значительном объеме, что требует обязательного планирования и обеспечения соответствующей химико-аналитической работы.

Большинство методов, регламентирующих методики АХК, относятся к методам «мокрой химии». В отличие от подобных методов, применяемых в профессиональных химических измерениях показателей качества питьевой, природной, сточной вод класса ПНД Ф 14... или РД 52..., которые в обязательном порядке имеют показатели точности, методы, регламентированные для АХК, показателей точности не имеют. Данное обстоятельство создаёт значительные сложности с обеспечением единства и правильности измерений в силу отсутствия возможности воспроизведения единицы массовой концентрации анализируемого показателя в условиях функционирования рабочих сред и потоков теплоэнергетического оборудования. Шагом вперёд в данном отношении можно считать разработку и аттестацию ряда методов анализа согласно МУ 08-47/... (г. Томск), однако данные методики значительно сложнее, чем упомянутые ПНД Ф или РД 52..., что затрудняет реализацию методик (таблица 2).

Таблица 2

**Применимость технологий анализа к проведению аналитического химического контроля**

Тип документа	Наименование	Применимость
РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91	МУ. Нормы качества... и организация ВХР и ХК	Условия оснащенных лабораторий
ОСТ группы 34-70-... и РД 34-37-... (1988-1992 г.г.)	Воды производственные тепловых электростанций. Методы определения показателей качества	Условия оснащенных лабораторий
МУ 08-47/... (с 2005 г.)	Воды теплоэнергетические. Методики анализа	Условия оснащенных и аккредитованных лабораторий
ПНД Ф 1...	Методики количественного химического анализа вод	То же
РД 52.24...	РД на методики выполнения измерений	—“—
РП 203-82182574-13	Водно-химическая экспресс-лаборатория котловая «ВХЭЛ». Руководство по применению	Полевые и лабораторные условия, на всех объектах теплоэнергетики, тепловых сетях, котлоагрегатах и т.п.

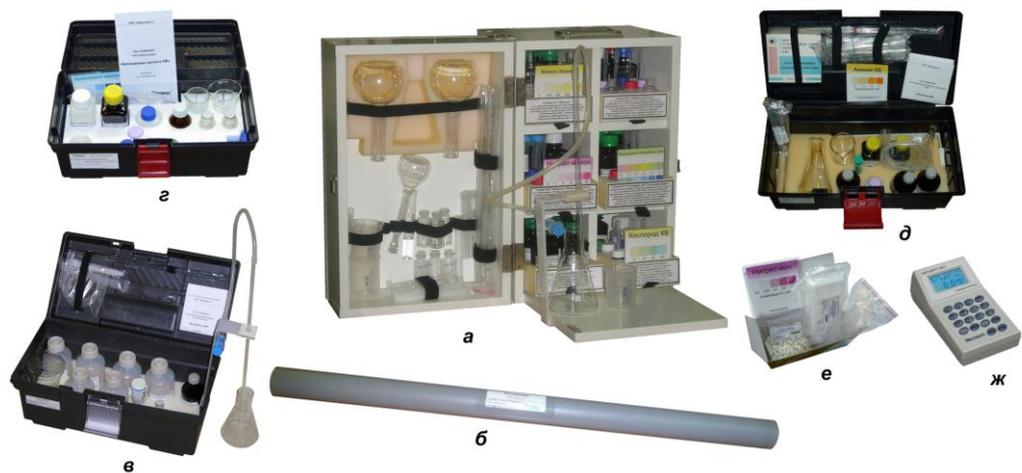
Столкнувшись с данной ситуацией в процессе проектирования и промышленного выпуска портативного оборудования для аналитического химического контроля, научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+» сосредоточилось на создании модификаций существующих методов и методик АХК и разработке сравнительно несложного оборудования для их реализации в теплоэнергетике и на методически сходных предприятиях [5-7], что позволило предложить для поставок серийный модульный образец водно-химической экспресс-лаборатории котловой «ВХЭЛ», включающий в настоящее время 3 модификации (таблицы 2, 3; рис.1).

Таблица 3

**Определяемые показатели, методы анализа  
и комплектные изделия из состава водно-химической лаборатории ВХЭЛ (3 модификации)**

Сокращения в таблице: ВК — визуально-колориметрический;  
ТК — тест-комплект; ТМ — титриметрический; ФМ — фотометрический.

№ п/п	Контролируемый показатель	Диапазон концентраций	Используемый метод	Объем пробы, мл	НТД на метод	Наименование изделия (модуля)
1.	Аммиак	0,2–2,5 мг/л	ТМ, с соляной кислотой	100	РД 24.032.01-91	ТК «Аммиак КВ»
		0,5–3,0 мг/л	ВК, по Неслеру	10	РД 34.37.523.12-90	
2.	Водородный показатель (рН)	4,5–11,0 ед. рН (±0,5 ед. рН)	ВК, с комбинированным индикатором	5,0	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91	ВХЭЛ (навесной ящик)
3.	Железо общее	100–4000 мкг/кг 100–2000 мкг/кг	ВК, сульфосалициловый	10	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91, ОСТ 34-70-953.4-88	ВХЭЛ (навесной ящик)
			ФК, сульфосалициловый	10		
4.	Жесткость карбонатная	0,1–5,0 ммоль/кг экв.	Расчетный	25–100	РД 24.031.120-91	ВХЭЛ (универсальный ящик)
5.	Жесткость общая	0,001–0,02 °Ж (ммоль/кг экв.) 0,02–2,0 °Ж (ммоль/кг экв.)	ВК, с трилоном	10,0	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91, РД 34.37.523.8-88	ВХЭЛ (универсальный ящик)
			ТМ, с трилоном	100		
6.	Кислород	10–100 мкг/кг	ВК, с индигокармином	150–250	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91, ОСТ 34-70-953.23-92	ВХЭЛ (универсальный ящик)
7.	Кислота кремниевая	0,4-4 мг/кг 0,1–2,0 мг/кг	ВК, с молибдатом аммония	10	ОСТ 34-70-953.6-88 МВИ 13-172-13	ТК «Кремниевая кислота КВ»
			ФК, с молибдатом аммония	10		
8.	Нитраты	1,0–45 мг/кг	ВК, с реактивом Грисса	6,0	Б62.848.001 ПС	ВХЭЛ (универсальный ящик)
9.	Нитриты	0,02–2,0 мг/л	ВК, с реактивом Грисса	5	ОСТ 34-70-953.17-90, ПНД Ф14.1:2.3-95, МВИ-07-149-11	ТК «Нитриты»
		0,02-0,6 мг/л	ФК, с реактивом Грисса			
10.	Прозрачность	1–60 см	Визуальный, по шрифту	300–350	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91, ИСО 7027	ТК «Мутность/Прозрачность»
11.	Удельная электрическая проводимость и солесодержание (по NaCl)	0,01–19999 мкСм/см	Кондуктометрический	40	РД 24.032.01-91, ОСТ 5Р.4049-82	Кондуктометр
12.	Фосфаты	1–100 мг/кг	ТМ, молибдатн.	5	РД 24.032.01-91	ТК «Фосфаты КВ»
13.	Хлориды	1–1200 мг/кг	ТМ, аргентометрический	25–500	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91,	ВХЭЛ (универсальный ящик)
14.	Щелочность карбонатная	0,1–5,0 ммоль/кг экв.	Расчетный	25–100	РД 24.031.120-91	ВХЭЛ (универсальный ящик)
15.	Щелочность общая	0,1–5,0 ммоль/кг экв.	ТМ, титрование HCl	25–100	РД 24.031.120-91, РД 24.032.01-91, РД 34.37.523.7-88	ВХЭЛ (универсальный ящик)



**Рисунок 1. Модули водно-химической экспресс-лаборатории котловой «ВХЭЛ-3»:**

а – ящик универсального размещения (главный модуль); б – тест-комплект «Мутность/Прозрачность»; в – тест-комплект «Фосфаты КВ»; г - тест-комплект «Кремниевая кислота КВ»; д – тест-комплект «Аммиак КВ»; е – тест-комплект «Нитриты»; ж – кондуктометр-солемер «Эксперт 002-2-6н».

Администрации предприятий и аналитикам для проведения АХК необходимо оборудование, в максимальной степени готовое к применению, требующее минимальной подготовки и обслуживания, обеспечивающее минимальную трудоёмкость и максимальную простоту анализов. Неотъемлемым качеством такого оборудования должно быть наличие доходчивого и наглядного методического пособия для оператора, содержание которого согласовывалось бы с действующими нормативными документами по АХК. Можно рассматривать также вопросы пополнения расходуемой части при выполнении анализов (решается поставкой комплектов пополнения), приготовления очищенной катионированной воды (рис.2), пробоотборных устройств (рис. 3) и т.п. Данные вопросы требуют от оборудования для АХК характеристик специфического химико-аналитического сервиса.



**Рисунок 2. Набор для приготовления очищенной воды.**



**Рисунок 3. Набор для переноски и хранения проб котловой воды.**

Унификация производимого ЗАО «Крисмас+» оборудования характеризуется стандартизацией компонентов оборудования и применяемых методов (способов применения изделий) и является важным шагом компании на пути стандартизации оборудования, не подлежащего обязательной сертификации. При этом *конструкционная унификация* касается модульно-блочного построения укладок различного назначения (функциональны и формируют узнаваемый фирменный стиль), в то время как *унификация состава* предполагает единую базу комплектующих – удобных, компактных принадлежностей, а также единый технологический цикл приготовления и контроля качества готовых аналитических растворов и реактивов.

Технологические решения по проведению АХК с применением портативного оборудования – водно-химической экспресс-лаборатории котловой «ВХЭЛ», различных тест-комплектов, вспомогательного оборудования для отбора проб и приготовления очищенной воды, по нашему мнению, обладают новизной, т.к. предоставляют инструментарий, способный в большой степени удовлетворить потребности аналитиков в реализации планов химического контроля оборудования [8]. Внедрение оборудования ЗАО «Крисмас+» полезно как предприятиях, не имеющих достаточно оснащенной лаборатории, так и на хорошо оснащенных предприятиях, в силу относительной простоты анализов и оборудования, экономии времени, ресурсов, финансовых средств.

Контакты: [muravyov@christmas-plus.ru](mailto:muravyov@christmas-plus.ru)

Список литературы.

1. РД 10-165-97. Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов.
2. РД 10-179-98. Методические указания по разработке инструкций и режимных карт по эксплуатации установок докотловой обработки воды и по ведению водно-химического режима и водогрейных котлов.
3. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля.
4. РД 24.032.01-91. Методические указания. Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнических котлов.
5. Муравьев А.Г., Осадчая Н.А. Преодоление противоречий в химическом анализе: от тест-систем к методикам выполнения измерений. Сборник тезисов докладов семинара «Противоречия в химико-аналитической практике и пути их преодоления», в рамках 10-й международной специализированной выставки «АналитикаЭкспо-2012», КВЦ «СОКОЛЬНИКИ», г. Москва, 10 апреля 2012 г.

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

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

8. Муравьев А.Г. Новое в технологиях аналитического химического контроля водно-химических режимов теплоэнергетического оборудования. Сборник тезисов докладов 5-й конференции «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования», в рамках Международной выставки «ХИМИЯ-2013», Экспоцентр «На Красной Пресне», г. Москва, 29-30 октября 2013 г.