

Информационное агентство  
**Энергопресс**

**8'2011**

# **Новое в российской электроэнергетике**





# НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

## Ежемесячный электронный журнал

### № 8 август 2011 г.

Объединенный редакционный совет издательств ООО «Стрижев-Центр»  
и ООО «Информационное агентство «Энерго-пресс»

**Председатель – Серебрянников Сергей Владимирович**, ректор Московского энергетического института  
(Технического университета)

**Заместитель председателя – Михайлов Сергей Алексеевич**, заместитель генерального директора ОПК «Оборонпром», главный редактор газеты «Энерго-пресс»

**Заместитель председателя – Паули Виктор Карлович**, председатель Совета директоров ЗАО «Наставник-ТехЭнерго», председатель Правления НП «Союз инженеров-электриков», заведующий кафедрой инженерного менеджмента МЭИ (ТУ), главный редактор журнала «Охрана труда за рубежом»

#### Члены Совета

**Шульгинов Николай Григорьевич**, первый заместитель председателя Правления ОАО «СО ЕЭС»

**Зубакин Василий Александрович**, заместитель начальника Главного управления энергетики ОАО «Лукойл»

**Загретдинов Ильяс Шамилович**, заместитель генерального директора – технический директор ОАО «Группа Е-4»

**Громогласов Александр Аркадьевич**, главный редактор издательств «Стрижев-Центр» и «Энерго-пресс»

**Воронов Виктор Николаевич**, заведующий кафедрой Московского энергетического института (Техни-

ческого университета), главный редактор журнала «Новое в российской электроэнергетике»

**Росляков Павел Васильевич**, проректор Московского энергетического института (Технического университета)

**Пильщиков Аркадий Павлович**, доцент Московского энергетического института (Технического университета)

**Громогласов Сергей Александрович**, заместитель директора агентства «Энерго-пресс» – ответственный секретарь

#### Редколлегия

Главный редактор –  
**Воронов В.Н., д.т.н., профессор**  
Первый заместитель главного редактора –  
**Зорин В.М., д.т.н., профессор**  
Заместитель главного редактора –  
**Громогласов А.А., д.т.н., профессор**  
Ответственный секретарь –  
**Галтеева Е.Ф., к.т.н.**

#### Члены редколлегии:

**Аракелян Э.К., д.т.н., профессор**  
**Богуш Б.Б.**  
**Васин В.П., д.т.н., профессор**  
**Верещагин И.П., д.т.н., профессор**  
**Жуков Ю.И., к.т.н.**  
**Загретдинов И.Ш.**  
**Лавыгин В.М., к.т.н., профессор**  
**Львов М.Ю., д.т.н.**  
**Мелихов О.И., д.т.н., ст.н.сотр.**  
**Мисриханов М.Ш., д.т.н., ст.н.сотр.**  
**Паули В.К., д.т.н., профессор**  
**Пильщиков А.П., к.т.н., доцент**  
**Росляков П.В., д.т.н., профессор**  
**Рыженков В.А., д.т.н., профессор**  
**Рябов М.И., к.т.н.**  
**Седлов А.С., д.т.н., профессор**  
**Соляков В.К., к.т.н., доцент**  
**Томаров Г.В., д.т.н., профессор**

#### Содержание

Стр.

О подписке на электронные журналы «НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» и «ОХРАНА ТРУДА ЗА РУБЕЖОМ»

3

#### Общие вопросы электроэнергетики

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС на основе наилучших доступных технологий. Д.т.н. А.Г. Тумановский, инж. О.Н. Брагина, инж. А.М. Зыков, к.т.н. А.Н. Чугаева, к.т.н. И.Н. Шмиголь (ОАО «Всероссийский дважды Ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт»)

5

Термодинамическая оптимизация циклов некоторых ГТУ и ПГУ при помощи современных информационных технологий (Часть 2). К.т.н. В.А. Волощук (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина), д.т.н. В.Ф. Очков, к.т.н. К.А. Орлов (МЭИ-ТУ – ООО «Триеру»)

15

#### В помощь производству

Продление срока службы энергетического оборудования с учетом обеспечения его надежности. К.т.н. С.Н. Гаврилов (ОАО «НПО ЦКТИ»)

26

Хроматографические методы – современный подход к контролю качества технологических вод ТЭС. Инж. Л.А. Ковалева, к.фарм.н. Т.В. Смирнова (ЗАО «Аквилон»)

34

#### Охрана труда

О проекте межгосударственного стандарта ГОСТ 12.4.107-2011 «Канаты страховочные. Технические условия»

40

Журнал перерегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, Свидетельство о регистрации: ИА № ФС77-41829 от 14.09.2010.

Согласно постановлению Правительства РФ от 20 апреля 2006 г. № 227 «К опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации, приравниваются публикации в электронных научных изданиях, зарегистрированных в Федеральном государственном унитарном предприятии «Научно-технический центр «Информрегистр». Журнал зарегистрирован в НТЦ «Информрегистр» на 2011 год под № 0421100097.

## ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ – СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОД ТЭС

**Инж. Л.А. Ковалева, к.фарм.н. Т.В. Смирнова (ЗАО «Аквилон»)**

В настоящее время вступил в силу стандарт организации «Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования». Стандарт регламентирует качество питательной воды для энергоблоков с подогревателями из различных сплавов и качество пара котлов при различных водно-химических режимах. Продиктовано это, в первую очередь, тем, что на отечественных тепловых станциях, как на действующих, так и вновь вводимых в эксплуатацию, производится установка агрегатов и узлов ведущих зарубежных производителей. Эксплуатационные требования к качеству технологических вод изменяются, в частности в перечне контролируемых показателей появляются хлориды и сульфаты с концентрацией менее 3 мкг/дм<sup>3</sup>. Существующие методы ручного контроля (отраслевые стандарты ОСТ 34-70-953.13-90, ОСТ 34-70-953.19-91 и ПНДФ) позволяют контролировать хлориды на уровне ~25 мкг/дм<sup>3</sup>, сульфаты – на уровне мг/дм<sup>3</sup>. Единственным методом, обеспечивающим проведение анализа с необходимой чувствительностью, является метод ионной хроматографии.

Метод ионной хроматографии основан на различном времени удерживания определяемых ионов на колонке с ионообменным сорбентом с последующей идентификацией и расчетом количественного содержания по компонентам. Накоплен положительный мировой опыт использования хроматографии в энергетике с целью мониторинга водных сред – например, на электростанциях США (с 1977 года), в странах ЕЭС, Японии. Производителями хроматографического оборудования разработаны специальные приборы и дополнительные устройства для работы со следовыми концентрациями ионов.

Единственным хроматографом отечественного производства, способным определять нормируемые показатели качества воды в соответствии с СТО, является жидкостный хроматограф «Стайер-А», выпускаемый компанией «Аквилон».

Более 70-ти хроматографов «Стайер-А» успешно работают на всех АЭС России, атомных станциях стран СНГ и некоторых зарубежных. Данная модель полностью обеспечивает определение нормируемых показателей качества воды и пара в требуемых СТО диапазонах концентраций. В результате накопленного опыта были разработаны отраслевые методики определения следовых количеств анионов, катионов, органических кислот, моноэтаноламина в водных средах АЭС в сотрудничестве с ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова». Эти методики могут с успехом применяться и при анализе вод ТЭС.

Разработанная методика выполнения измерений массовых концентраций анионов в высокочистых водных средах методом ионной хроматографии, выполняемая на хроматографе «Стайер-А», обеспечивает метрологический диапазон измерений анионов – от 0,5 до 200 мкг/дм<sup>3</sup>. Пример тестовой хроматограммы приведен на рис. 1.

В рамках действия данной методики можно проводить определение малых количеств сульфат-ионов при большом содержании фосфатов, что существенно при контроле котловых вод ТЭЦ.

Время анализа шести компонентов в пробе занимает 10–12 минут.

Пример хроматограммы приведен на рис. 2.

Данная методика аттестована ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» с метрологическими характеристиками, приведенными в табл. 1.

Определение анионов можно проводить при их высоком содержании в пробах в диапазоне концентраций мг/дм<sup>3</sup>, что применимо для анализа исходной воды, котловой и сточной.

В настоящее время в энергетике большое внимание уделяется контролю присутствия органики в водных циклах. Наличие ионного хроматографа дает возможность мониторировать

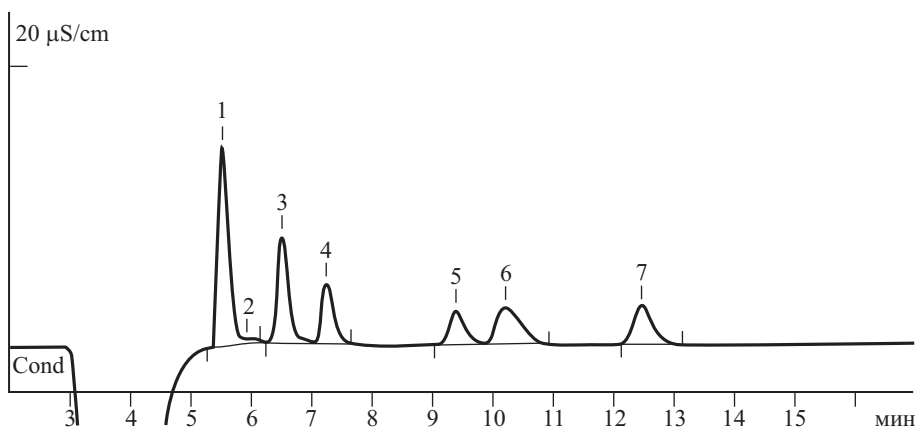


Рис. 1. Тестовая хроматограмма определения анионов

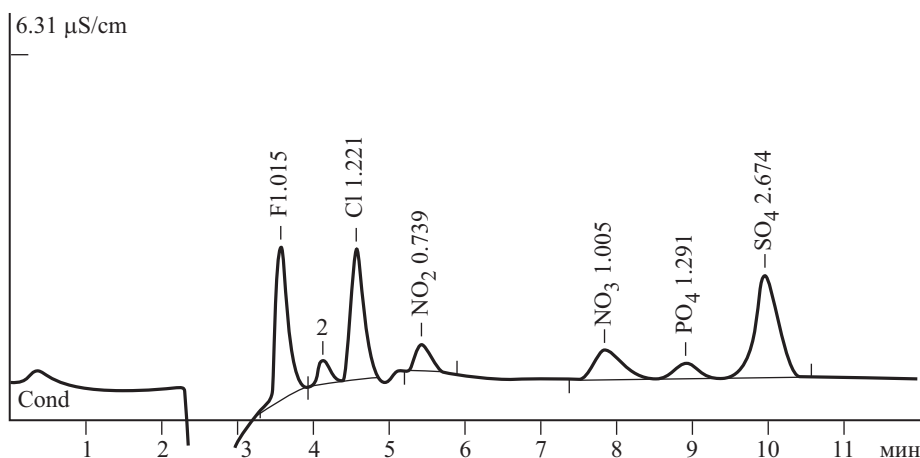


Рис. 2. Хроматограмма определения следовых количеств анионов.

Компоненты: фторид, хлорид, нитрит, нитрат, фосфат, сульфат

Таблица 1

**Метрологические характеристики применяемой методики**

Диапазон измерений, мкг/дм <sup>3</sup> (фториды, хлориды, нитраты, нитриты, сульфаты)	Показатель повторяемости (относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости), $\sigma_r$ , %	Показатель воспроизводимости (относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимости), $\sigma_R$ , %	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$ ), $\pm\delta$ , %
от 0,5 до 1 вкл.	20	23	50
свыше 1 до 10 вкл.	16	20	42
свыше 10 до 100 вкл.	14	17	35
свыше 100 до 200 вкл.	11	14	30

коррозионно-опасные продукты термолитза природной и техногенной органики в питательной воде и парах, таких как карбоновые кислоты – уксусная, муравьиная, пропионовая и другие, а также составляющие комплексных реагентов на основе высокомолекулярных аминов (моноэтаноламин, циклогексиламин), которые используются для ведения аминного водно-химического режима.

Нашей компанией были разработаны «Методика выполнения измерений массовых концентраций ацетат- и формиат-ионов в технологических водных средах методом ионной хроматографии» с диапазоном измерений: ацетат-ион 20–200 мкг/дм<sup>3</sup>; формиат-ион 2–100 мкг/дм<sup>3</sup> и «Методика выполнения измерений массовой концентрации моноэтаноламина в технологических водных средах методом ионной хроматографии» с диапазоном измерений – от 0,03 до 3,0 мг/дм<sup>3</sup> (см. табл. 2).

Таблица 2

**Метрологическая оценка методик**

Диапазон измерений, мкг/дм <sup>3</sup>	Показатель повторяемости (относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости), $\sigma_r$ , %	Показатель воспроизводимости (относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимости), $\sigma_R$ , %	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$ ), $\pm\delta$ , %
Ацетаты			
от 20 до 50 вкл.	18	23	50
свыше 50 до 200 вкл.	10	14	30
Формиаты			
от 2 до 20 вкл.	14	19	40
свыше 20 до 100 вкл.	6	9	20
Моноэтаноламин			
от 0,03 до 0,15 вкл.	11	14	30
свыше 0,15 до 1,5 вкл.	7	9	20
свыше 1,5 до 3,0 вкл.	4	5	10

Содержание катионов в водно-химическом цикле нормируется стандартом организации «Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования». Например, натрий, аммиак, гидразин нормируются в питательной воде и паре, в котловой и добавочной воде. Контроль данных компонентов проводится по «Методике выполнения измерений массовых концентраций катионов в высокочистых водных средах методом ионной хроматографии с предварительным концентрированием» с диапазоном измерений – от 0,5 до 100 мкг/дм<sup>3</sup>.

Пример хроматограммы приведен на рис. 3.

Применение метода ионной хроматографии позволяет значительно упростить ход определения катионно-анионного состава пробы:

- отсутствует предварительная подготовка пробы, что позволяет свести к минимуму случайную погрешность;
- автоматизированы процессы выполнения определения, обработка, расчет и хранение результатов в протоколе GLP;
- метод требует минимального набора простых химических реактивов; калибровочные растворы для построения градуировочных графиков готовятся из ГСО (удобство и надежность результатов);
- себестоимость элементного определения на хроматографической системе «Стайер-А» на порядки ниже, чем при выполнении стандартными физико-химическими методами анализа.

Прибор прост в обслуживании:

- приготовление раствора подвижной фазы (элюента);
- при анионном анализе смена раствора серной кислоты в объеме капиллярной системы подавления (~1 раз в 2 недели, раствор серной кислоты готовится из фиксаля);
- смена промывочного спиртового раствора (~1 раз в месяц).

Хроматограф «Стайер-А» позволяет контролировать коррозионно-опасные примеси в составе всего цикла ТЭЦ: исходная вода, предочистка, химводоочистка, конденсатно-питательный тракт, возвратные конденсаты, сточные воды.

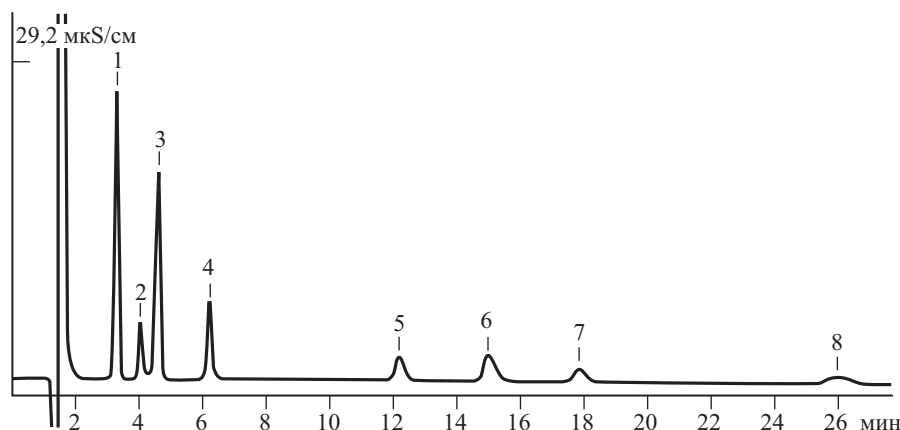


Рис. 3. Хроматограмма катионов 1 и 2 групп. Компоненты:

1 – литий; 2 – аммоний; 3 – натрий; 4 – калий; 5 – магний; 6 – кальций; 7 – стронций; 8 – барий

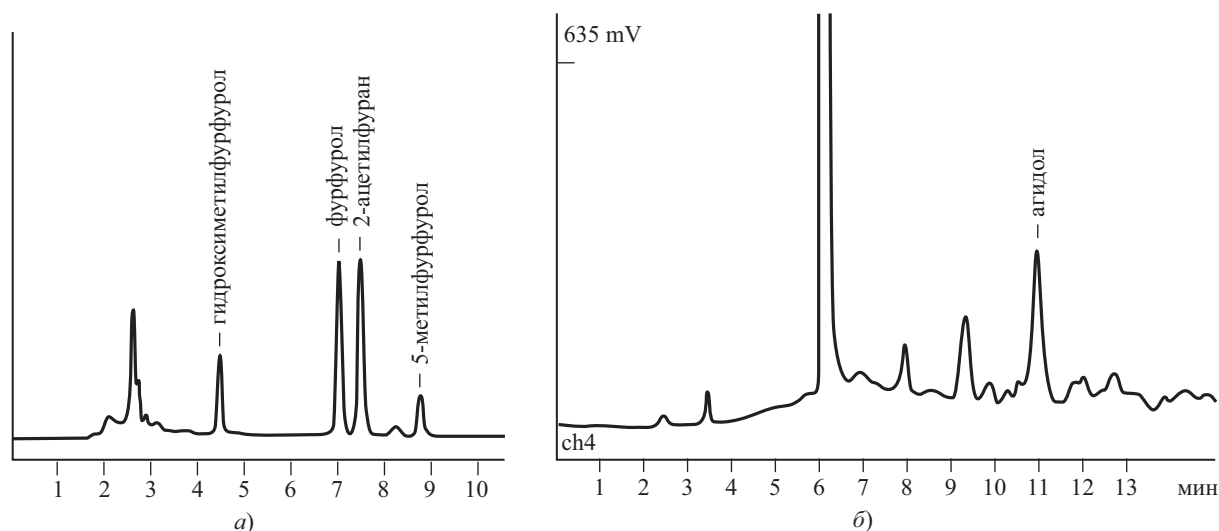


Рис. 4. Примеры хроматограмм: а – фурановых производных; б – «Агидол-1» («Ионол»)

Согласно «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» СО 153-34.20.501-2003, пункту 5.3.21, при аварийных отключениях трансформаторов следует проводить хроматографический анализ на 5-гидроксиметилфурфурол как продукт окисления изоляции при перегреве трансформатора. Компанией «Аквилон» разработана «Методика выполнения измерений массовой концентрации производных фурана: гидроксиметилфурфуrolа, фурфуrolа, 2-ацетилфурана, 5-метилфурфуrolа и ингибитора окисления «Агидол-1» («Ионол») в энергетических электроизоляционных маслах маслonaполненного силового оборудования методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Диапазон измерений: 5-гидроксиметилфурфуrol, фурфуrol, 2-ацетилфуран, 5-метилфурфуrol – от 0,5 до 10,0 мг/кг; «Агидол-1» («Ионол») – от 500 до 4000 мг/кг.

Пример хроматограммы приведен на рис. 4.

Методика может применяться при оперативном контроле содержания и динамики выработки присадок (ингибитора окисления и ингибитора коррозии), со значениями характеристик погрешности, приведенными в табл. 3.

На основе полученных результатов принимается решения как о замене масел в оборудовании, так и с целью дополнительного введения в эксплуатационные масла недостающих присадок.

Компания «Аквилон» производит хроматографы «Стайер» и выполняет полный спектр работ по обслуживанию оборудования: ввод в эксплуатацию (с выездом сервисного инженера по месту установки прибора), снабжение расходными материалами, выполнение поверочных, профилактических и ремонтных работ. Компания имеет научно-методический центр, где происходит разработка необходимого отраслевого методического обеспечения. Методики проходят аттестацию с внесением в Государственный реестр и поставляются в комплекте с оборудованием. При необходимости там же можно пройти обучение работе на приборах и изучению методик выполнения измерений под конкретную задачу. Курсы повышения квалификации позволяют специалистам расширить базовые знания и направлены на освоение современных методов количественного анализа и анализа типовых ошибок. По прохождении переподго-

Таблица 3

**Характеристики погрешности методики измерений концентраций производных фурана**

Наименование примеси	Диапазон измерений массовой доли, $\text{млн}^{-1}$ (мг/кг)	Показатель точности (границы относительной погрешности), $\pm\delta$ , %, при $P = 0,95$	Показатель повторяемости (относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости), $\sigma_r$ , %	Показатель воспроизводимости (относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимости), $\sigma_R$ , %	Предел повторяемости $r$ , %, $P = 0,95$ , $n = 2$
5-гидроксиметилфурфурол Фурфурол	от 0,5 до 5 вкл.	46	15	22	42
2-ацетилфуран 5-метилфурфурол	от 5 до 10 вкл.	30	9	14	25
«Агидол-1» («Ионол»)	от 500 до 4000 вкл.	40	8	15	22

товки на курсах слушателям выдается сертификат Государственного образца о повышении квалификации в области физико-химических методов анализа.

**Литература**

1. **Стандарт организации** «Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования». Утвержден приказом НП «ИНВЭЛ» от 16.02.2009 г. № 04.
2. **«Правила технической эксплуатации** электрических сетей Российской Федерации». Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 19 июня 2003 г. № 229.