

ных средств защиты от коммутационных и грозовых перенапряжений.

2. Применение опор из многогранного профиля с использованием винтовых свай и машин для их погружения — перспективное направление при проектировании и строительстве ВЛ.

3. Целесообразно создание нормативной базы для проектирования и строительства компактных линий повышенной надёжности и пропускной способности в энергосистемах стран СНГ.

4. Необходимо ускорить развертывание комплекса работ по вопросам совершенствования грозозащиты в различных природно-климатических и физико-географических условиях прохождения трасс ВЛ.

5. Важно продолжить: разработку СТО по защите элементов ВЛ от коррозии, гололёдообразования и «пляски» проводов; проведение исследований в области районирования территории РФ и стран СНГ по «пляске» проводов; создание пакета нормативной документации, регламентирующей взаимоотношения проектировщиков, строителей и эксплуатирующих ВЛ организаций с природоохранными ведомствами и местными администрациями органами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешкин С. В., Утегулов Н. И. Перспективы применения компактных ВЛ в Казахстане // Сб. тез. VI Симп. «Электротехника 2010 год: Перспективные виды электротехнического оборудования для передачи и распределения электроэнергии». Моск. обл., 22 – 25 октября 2001 г. — М.: Изд-во ВЭИ, 2001. С. 59 – 60.

2. Буличкин Г. И., Сацук Е. И., Хмырова Е. П. Возможность повышения пропускной способности линий 330 кВ ОЭС Северного Кавказа за счёт контроля их технического состояния: Докл. на XI Сессии семинара АН России «Кибернетика электрических систем» по тематике «Электроснабжение промышленных предприятий». Новочеркасск, 5 – 8 октября 1999 г. // Изв. вузов. Электромеханика. 2000. № 3. С. 98.

3. Ивакин В. Н. Перспективы применения гибких линий электропередачи в электротехнических системах // Сб. докл. VIII Симп. «Электротехника 2010 год: Перспективные виды электротехнического оборудования для передачи и распределения электроэнергии». Солнечногорск, Моск. обл., 24 – 26 мая 2005 г. — М.: Изд-во ВЭИ, 2005. С. 107 – 108.

4. Ивакин В. Н., Магницкий А. А., Шульга Р. Н. Особенности построения схем современных устройств продольной емкостной компенсации ЛЭП // Там же. С. 171 – 177.

5. Герасимов С. Е. Повышение пропускной способности магистральных линий электропередачи // Электроэнергетика — 2006: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Варна, 5 – 7 октября 2006 г. — СПб.: Изд-во ПЭИПК, 2007. С. 143 – 150.

6. Крылов С. В., Тимашова Л. В. Новая технология подвески проводов и грозозащитных тросов на промежуточных опорах больших переходов ВЛ через препятствия // Сб. тез. VII Симп. «Электротехника 2010 год: Перспективные виды электротехнического оборудования для передачи и распределения электроэнергии». Солнечногорск,

Моск. обл., 27 – 29 мая 2003 г. — М.: Изд-во ВЭИ, 2003. С. 2.17/170 – 2.17/177.

7. Провод с низкой стрелой провеса и увеличенной пропускной способностью компании J-Power Systems // Энергетик. 2006. № 11. С. 44 – 46.

8. Новый композитный провод для высоковольтных воздушных линий электропередачи (ACCR) // Гл. энергетик. 2008. № 2. С. 26 – 28.

9. Мозилов А. И., Демин Ю. В., Селиванов А. Г. Технологическая карта сооружений защитных экранов для фундаментов под металлические опоры ВЛ 110 кВ типа П 110-2 // Электроснабжение, энергосбережение, электрификация и автоматика предпринятия и речных судов: Сб. науч. трудов /

Новосиб. гос. акад. вод. трансп. — Новосибирск: Изд-во НГАВТ, 2001. С. 139 – 152.

10. Файбисович Д. Л. Новости электросетевого строительства // Энергетика за рубежом — Приложение к журналу «Энергетик». 2006. № 1. С. 49 – 54.

11. Тихоедев Н. Н., Кутузова Н. Б. Увеличение пропускной способности электропередачи переменного тока путём её перевода на постоянный ток // Изв. НИИ постоянного тока. 2007. № 62. С. 69 – 78, 238 – 239, 247 – 248.

12. Файбисович Д. Л. Разная информация // Энергетика за рубежом — Приложение к журналу «Энергетик». 2005. № 6. С. 54 – 56.

## Опыт эксплуатации нового пылеулавливающего оборудования

ЧЕКАЛОВ Л. В., ГРОМОВ Ю. И., КУРИЦЫН Н. А., МОРОЗОВ Ю. М.,

инженеры ЗАО «Кондор-Эко» — ЗАО «СФ НИИОГАЗ»

Ярославская обл., р.п. Семибраторово

info@kondor-eco.ru

Представлены результаты внедрения в промышленную эксплуатацию новых аппаратов для электрической (электрофильтры ЭГАВ и ЭГСЭ) и механической очистки газов (рукавные фильтры ФРМИ). Показаны отличительные особенности этих аппаратов по сравнению с ранее применявшимися, за счёт которых достигается высокая эффективность очистки промышленных газов от пыли в различных технологических производствах: доменном, энергетическом, цементном, сталеплавильном. Запылённость газов после новых электрофильтров составляет менее 50 мг/м<sup>3</sup>, а после рукавных фильтров — менее 10 мг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** электрофильтр, рукавный фильтр, коронирующий элемент, осадительный элемент, мотор-редуктор, частотный преобразователь, выходная запылённость, микропроцессорная система

**П**оследние несколько лет усилия специалистов холдинговой группы «Кондор Эко – СФ НИИОГАЗ» направлены на усовершенствование конструктивных и технических решений, принятых при создании аппаратов пылеулавливания — электрофильтров и рукавных фильтров. При решении поставленных задач были задействованы современные средства измерений, уникальные исследовательские установки и стенды ЗАО «СФ НИИОГАЗ».

В результате проделанной работы к промышленному внедрению подготовлены несколько новых аппаратов, существенно отличающихся от ранее применявшихся аналогов: для электрической очистки газов — электрофильтры ЭГАВ и ЭГСЭ, для механической очистки — рукавные фильтры ФРМИ.

В электрофильтрах ЭГАВ и ЭГСЭ реализованы новые технические решения [1, 4], позволяющие интенсифицировать коронный разряд и процесс зарядки и осаждения частиц, увеличить уровень рабочих напряжений за счёт установки осадительных элементов с улучшенными параметрами прямолинейности, повысить эффективность отряхивания коронирующих электродов за счёт применения вертикально направленного ударного воздей-

ствия. В конструкции аппаратов использовано новое высокотехнологичное оборудование — моторы-редукторы с частотными преобразователями, устройства регулирования и управления, изготовленные на базе современной микропроцессорной техники.

В результате проведённых исследований и испытаний для электрофильтров разработаны следующие узлы и оборудование.

1. Коронирующие элементы ленточно-игольчатого исполнения типа СФ-1 с пониженным напряжением зажигания коронного разряда и интенсивным коронным разрядом при рабочих напряжениях (рис. 1).

Применение новых элементов позволяет в несколько раз снизить выбросы дымовых газов и пыли из аппаратов по сравнению с аппаратами со стандартными элементами или уменьшить габаритные размеры электрофильтров не менее чем на 20 %. В настоящее время для исключения влияния человеческого фактора коронирующие элементы изготавливают на автоматизированной линии, гарантирующей их технические характеристики и качество.

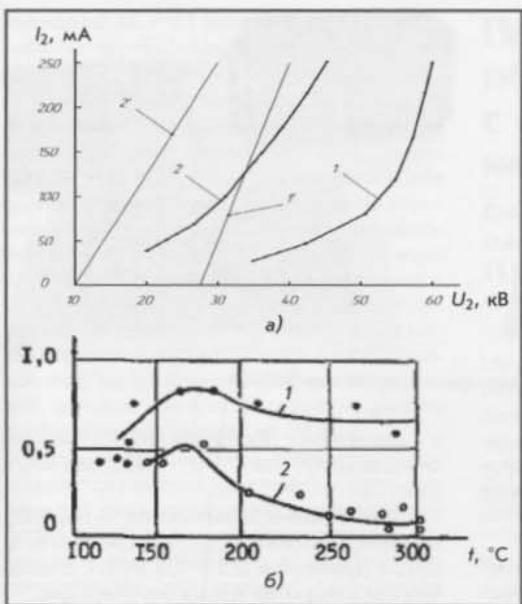


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики электродной системы (а) и изменение выходной запылённости электрофильтра при различных температурах (б):  
1 — серийный ленточно-игольчатый элемент; 2 — коронирующий элемент СФ-1

2. Элементы осадительного электрода ЭКО МК-4 × 160 также изготавливают на новой автоматизированной линии холодного профилирования, что обеспечивает повышенную точность геометрических параметров. Это исключает влияние дефектов изготовления элементов на электрические параметры (отклонение от номинальных размеров 1–2 мм на длине 12 м вместо 10–15 мм у серийных элементов типа СЧС-640). Улучшается центровка электродных систем и, как следствие, выбросы снижаются примерно в 2 раза.

Разработанные новые электродные системы за счёт высокой точности изготовления обеспечивают минимальные затраты при монтаже, максимальные рабочие напряжения и напряжённость электрического поля в эксплуатации. С учётом повышенной интенсивности тока коронного разряда эти факторы особенно актуальны для уменьшения влияния запирающего действия дисперсной фазы, возникающей при больших концентрациях мелкой пыли (возгоны металлов и др.). Использование новых электродных систем в электрофильтрах даёт возможность обеспечить выходную запылённость на уровне 15–20 мг/м<sup>3</sup>.

3. Изменена компоновка внутреннего механического оборудования в корпусе электрофильтра с горизонтальным ходом газа, что позволяет максимально полезно использовать площадь аппарата за счёт уменьшения промежутка между полями (рис. 2). Перенос рам подвеса коронирующих электродов из межпольного промежутка в верхнюю часть электрофильтра позволил не только уменьшить неактивную часть электрофильтра, но и расположить в верхней части механизм встраивания коронирующих электродов, т.е. обеспечить необходимый уровень ударных ускорений по ширине и высоте всего коронирующего электрода (рис. 3). Механизм встраивания коронирующих электродов снабжён специальным боковым приводом с электрокерамическим валом-изолитором.

ных выбросов пыли из электрофильтра, а также вторичного уноса при встраивании.

Управление агрегатами питания полей электрофильтров и приводов механизмов встраивания осуществляют системы регулирования типа БУЭФ (рис. 4), ЕЛЕХ и МСУ, оснащённые микропроцессорной техникой и обеспечивающие стабильную работу электрофильтра, контроль и оптимизацию режимов электропитания и встраивания электродных систем при изменении технологических режимов работы.

БУЭФ — современное микропроцессорное устройство, предназначенное для автоматического управления агрегатами питания устройств всех типов, имеющих тиристорное (симисторное) управление.

С учётом новых разработок на ОАО «Северсталь» проведена реконструкция действующих электрофильтров шахтных мельниц в отделении измельчения и сушки известняка (применено оборудование электрофильтров ЭГАВ) и выполнена модернизация электрофильтра очистки аспирационного воздуха в агломерационном цехе № 3. Реконструированные электрофильтры длительное время (более 5 лет) работают надёжно и устойчиво с выходной запылённостью газа 50 мг/м<sup>3</sup>.

В аспирационной системе литьевых дворов доменных печей № 1 и 2 этого предприятия внедрены два новых электрофильтра ЭГАВ-56-12-5-4 с верхним встраиванием коронирующих электродов, пониженным напряжением зажигания тока коронного разряда, агрегатами питания, снабжёнными регуляторами с микропроцессором, новыми приводами с частотным регулированием скорости вращения вала встраивания. С августа 2005 г. электрофильтры работают безотказно, а выходная запылённость устойчиво сохраняется в пределах 15–20 мг/м<sup>3</sup> [2].

На ТЭЦ ОАО «Северсталь» осуществлена модернизация электрофильтра ЭГА-88-12-8-4 энергоблока, станционный № 2, ТЭЦ ЭВС-2 и реконструкция элек-

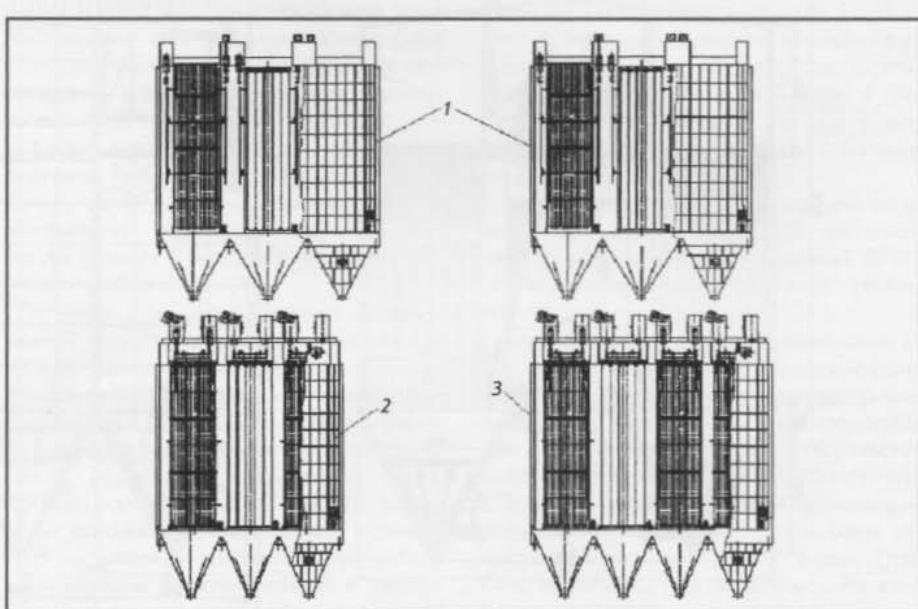


Рис. 2. Компоновка внутреннего механического оборудования в электрофильтрах:  
1 — ЭГА; 2 — ЭГСЭ (3 поля); 3 — ЭГСЭ (4 поля)

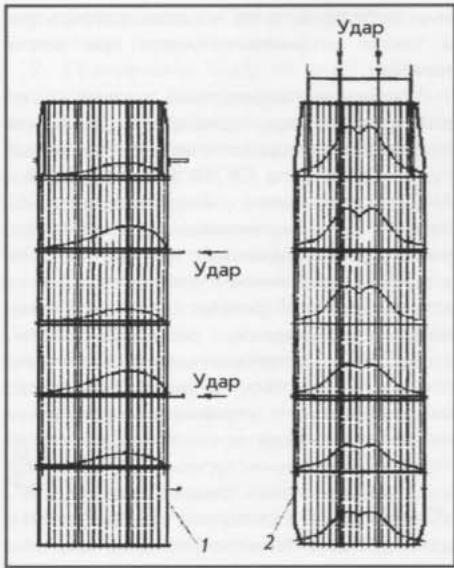


Рис. 3. Распределение ускорений на коронирующих электродах:  
1 — ЭГА; 2 — ЭГСЭ

трофильтра ПГДС 4 × 50 энергоблока, станционный № 10, ТЭЦ ЭВС-1 с применением оборудования электрофильтра типа ЭГАВ (корпуса электрофильтров при этом были сохранены). Электрофильтры длительное время работают надёжно и устойчиво с выходной запылённостью не более 60 мг/м<sup>3</sup>. На энергоблоке, станционный № 8, ТЭЦ ПВС-1 проведена модернизация установки очистки газа с заменой электрофильтров. Новые электрофильтры ЭГАВ1-28-9-5-4 по результатам испытаний обеспечивают выходную запылённость 48 мг/м<sup>3</sup> при проектном её значении 80 мг/м<sup>3</sup>.

В ООО «Красноярский цемент» внедрение только коронирующих электродов с интенсивным коронным разрядом позволило уменьшить на одном из аппаратов выходную запылённость более

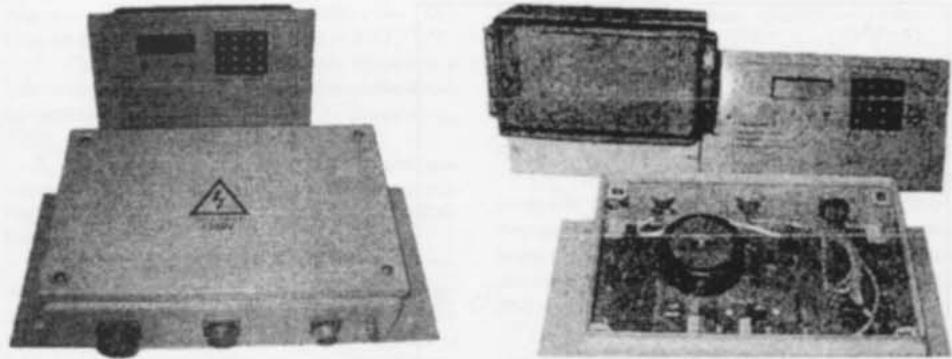


Рис. 4. Микропроцессорное устройство БУЭФ

чем в 2 раза. В другом аппарате при замене всего существующего оборудования электрофильтра на оборудование электрофильтра ЭГАВ степень очистки газа составила 99,9 % [3].

Применение микропроцессорных систем управления агрегатами питания электрофильтров БУЭФ дало возможность увеличить степень очистки газа на существующих электрофильтрах Харанорской ГРЭС только за счёт использованных в устройстве алгоритмов автоматического регулирования.

На ОАО «Северсталь» уже в течение 5 лет успешно эксплуатируются моторы-редукторы с частотными преобразователями. Столь же положительные результаты эксплуатации приводов получены на Каширской ГРЭС.

Новые рукавные фильтры ФРМИ разработаны с учётом накопленного опыта эксплуатации отечественных и зарубежных рукавных фильтров и предъявляемых современных требований к ним, в первую очередь, в отраслях теплоэнергетики, цветной и чёрной металлургии.

Фильтры ФРМИ представляют собой набор модулей, которые формируют типоразмерный ряд фильтров с площадью фильтрования 800 — 16 000 м<sup>2</sup>

с расчётной производительностью по очищаемому газу 70 — 1380 тыс. м<sup>3</sup>/ч (рис. 5).

Способ регенерации рукавов — импульсная односторонняя продувка сжатым воздухом давлением 0,3 — 0,6 МПа с отключением секций на время регенерации.

Каждый модуль в процессе эксплуатации фильтра может быть отключён от газового потока по входу и выходу газа, что позволяет проводить обслуживание и ремонт, не останавливая работу всего фильтра. Данное обстоятельство крайне важно при использовании фильтров в непрерывных технологических процессах.

Конструкция фильтров разработана с учётом дальнейшего повышения надёжности узлов регенерации и совершенствования системы управления. Это позволило по сравнению с серийными фильтрами ФРИ-630, 800, 1250, 1600 уменьшить в них число исполнительных устройств системы регенерации на единицу площади фильтрования в 22 раза.

Система управления регенерацией СУ-24, обеспечивающая циклический режим этого процесса с изменением только паузы между импульсами, заменена микропроцессорным контроллером ELEX- 2200, который даёт возможность

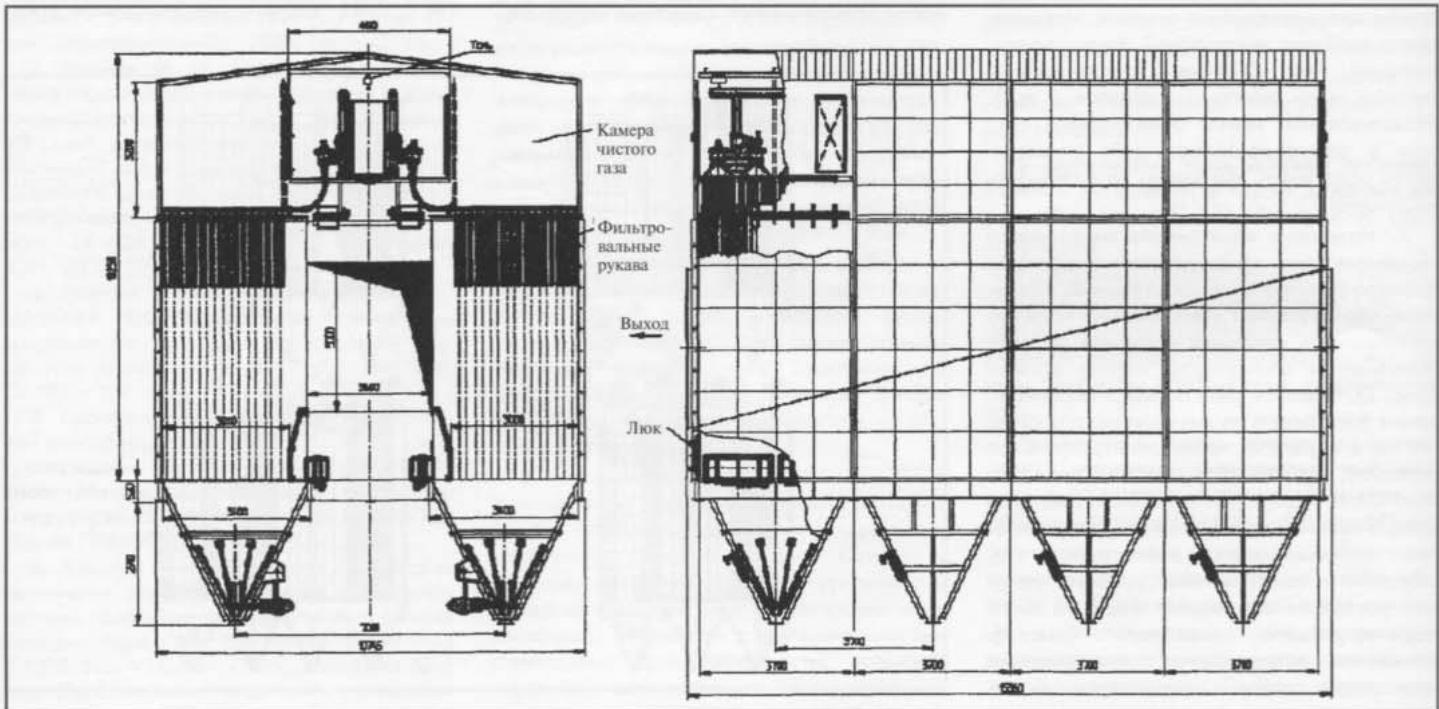


Рис. 5. Рукавный фильтр ФРМИ-6400, 8 модулей, двухрядная компоновка

выхода на АСУ ТП и изменения алгоритма работы путём перепрограммирования системы управления с учётом условий эксплуатации фильтров.

Важная конструктивная особенность новых фильтров, отличающая их от серийных, — возможность установки их вне зданий с использованием шатовой верхней части фильтров. При этом необходимое условие надёжной эксплуатации фильтра — теплоизоляция его корпуса и бункеров, которая должна быть предусмотрена проектом установки. Новые решения позволяют исключить износ рукавов под воздействием скоростных газовых потоков внутри фильтра и снизить гидравлические потери на 20 %.

Рабочая температура фильтров ограничивается рабочей температурой применяемого фильтровального материала (не более 220 °C). Типы фильтровальных материалов отечественного и зарубежного производства для рукавов выбираются индивидуально по каждому аппарату в соответствии с конкретными технологическими параметрами очищаемых пылегазовых потоков.

На ЗАО «Волгоградский металлургический завод «Красный Октябрь» на аспирационной установке для отсоса и очистки выбросов от свода электропечи № 6 и аспирационных выбросов установлены новые рукавные фильтры ФРМИ-9600. Результаты пусковых испытаний показали, что фильтр ФРМИ-9600 обеспечивает очистку до остаточной запылённости, не превышающей 0,009 г/м<sup>3</sup>, при гарантированном значении этого параметра 0,02 г/м<sup>3</sup>.

В настоящее время проектные организации при разработке газоочистных установок активно применяют рассмотренные в данной статье и другие газоочистные аппараты холдинговой группы «Кондор Эко – СФ НИИОГАЗ».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокоэффективные сухие залупители для техперевооружения действующих ТЭС России / В. П. Глебов, А. М. Зыков, Л. В. Чекалов, В. М. Ткаченко // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. и специализированной выставки «Экология в энергетике – 2006». Сб. докл. и каталог участников выставки. — М.: ВТИ, 2006. — 310 с.

2. Курицын Н. А., Архипов Н. А., Чекалов Л. В. Новое оборудование для очистки технологических газов на металлургических предприятиях // Технологии и оборудование для очистки промышленных газов и сточных вод в металлургии и машиностроении (30 мая 2006 г.). — М., 2006.

3. Морозов Ю. М. Новые технические решения при модернизации и реконструкции газоочистного оборудования с целью повышения эффективности очистки газов в условиях действующего цементного производства. — М.: Информ Цемент, 2006. № 2.

4. Чекалов Л. В. Основы разработки и конструирования электрофильтров нового поколения // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. «Энергетическая безопасность. Электроэнергетические сети, системы, оборудование и приборы» (4 – 9 сентября 2006 г.): Сб. — Днепропетровск, 2006.

## Применение осветлителей в схеме обработки воды для подпитки теплосети с открытой системой теплоснабжения на Смоленской ГРЭС

СМИРНОВ Б. А., МИХАЙЛОВ В. В., ПРОКИНА Н. М., инженеры

ОАО ВТИ — Смоленская ГРЭС — ОАО «ОГК-4»

115280, Москва, Автозаводская ул., д. 14/23

vti@vti.ru

Неудовлетворительное по перманганатной окисляемости качество воды для подпитки теплосети с открытым водоразбором Смоленской ГРЭС обусловило разработку новой технологической схемы её обработки. При этом максимально использовано существующее оборудование химического цеха. Включение в технологическую схему осветлителей и схемы автоматической корректировки значения pH подпиточной воды позволило получить подпиточную воду требуемого качества.

**Ключевые слова:** осветлитель, перманганатная окисляемость, подпиточная вода, открытый водоразбор, карбонатный индекс.

Обработка воды для подпитки теплосети с открытой системой теплоснабжения на Смоленской ГРЭС в течение ряда лет проводилась по следующей технологической схеме.

Подогретая исходная вода (оз. Сошно) подавалась в бак сырой воды вместимостью 200 м<sup>3</sup>, затем двумя насосами сырой воды 162/32,5 — на механические фильтры диаметром 3000 мм (3 шт.) и далее в Н-катионитные фильтры «голодной регенерации» диаметром 3400 мм (4 шт.), буферные Н-катионитные фильтры диаметром 3400 мм (2 шт.), декарбонизатор производительностью 250 т/ч. Декарбонизованная вода собиралась в баке химически очищенной воды вместимостью 200 м<sup>3</sup> и специальными насосами прокачивалась через водо-водяной подогреватель в атмосферный деаэратор. Рабочее давление в деаэраторе — 0,2 кгс/см<sup>2</sup>, температура насыщения при этом давлении — 104 °C. Деаэрированная вода поступала в два аккумуляторных бака вместимостью 500 м<sup>3</sup> каждый, из них насосами подпитки теплосети подавалась в обратную линию теплосети.

Такая схема обработки воды для подпитки теплосети не позволяла обеспечить качество подпиточной воды по показателю перманганатной окисляемости (менее 5 мг/дм<sup>3</sup>), соответствующее требованиям [1].

В целях доведения качества обработанной воды по показателю перманганатной окисляемости до нормативных требований (5 мг/дм<sup>3</sup>) на техническом совещании в ОАО «ОГК-4» было принято решение изменить технологическую схему обработки подпиточной воды. Кроме того, качество обработанной воды должно соответствовать нормам ПТЭ — нормам «Правил технической эксплуатации электростанций и сетей» [2]. Водно-химический режим должен обеспечить работу основного и вспомогательного оборудования тепловых

сетей без повреждений, вызванных отложениями или коррозией.

Существующие на Смоленской ГРЭС осветлители типа ВТИ-160И, функционирующие по технологии известкования и коагуляции, применяются для предварительной очистки воды в технологической схеме получения обессоленной воды для подпитки котлов. В схеме обессоливания осветлители работали с минимальными нагрузками, нестабильно и периодически отключались при достижении максимальных уровней в баках обессоленной воды.

Для полноты загрузки осветлителей, а также в соответствии с перечисленными требованиями к качеству воды для подпитки теплосети разработана и внедрена усовершенствованная технологическая схема обработки воды (рис. 1). В ней осветлители и баки известково-коагулированной воды используются как для технологической схемы обессоливания воды для подпитки котлов, так и для технологической схемы обработки воды для подпитки теплосети. При этом подача исходной воды в бак сырой воды прекращена, он задействован для параллельной работы с баками коагулированной воды.

После реконструкции вода для подпитки теплосети с открытой системой теплоснабжения на Смоленской ГРЭС обрабатывается по следующей технологической схеме.

Исходная вода из оз. Сошно насосами сырой воды производительностью по 200 м<sup>3</sup>/ч подаётся в два подогревателя сырой воды. Из них вода, подогретая до температуры 40 ± 1 °C, поступает последовательно в осветлители ВТИ-160И (два осветлителя производительностью по 160 м<sup>3</sup>/ч) и в баки известково-коагулированной воды (три бака вместимостью по 200 м<sup>3</sup>). Из этих баков вода насосами подаётся на механические фильтры, которые загружены антрацитом, и затем в Н-катионитные