

ОБЗОР  
ЭФФЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЕКТОВ, ВНЕДРЕННЫХ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ»

МОСКВА 2005



### **Уважаемые коллеги!**

Вашему вниманию представлен первый опыт обзора экологических проектов, реализованных в организациях холдинга ОАО РАО «ЕЭС России» (Холдинг) за последние 3 года.

Следует отметить, что объем и форма представления материала в значительной мере соответствует уровню приоритетности и организации природоохранной деятельности как в отдельных энергокомпаниях, так и в Холдинге в целом.

Величина экологических платежей, составляет, как правило, относительно небольшую часть затрат энергокомпаний, и, может быть, именно поэтому вопросы экологии энергетики оказались незаслуженно забытыми. При этом уровень организации природоохранной деятельности, обеспечение соответствия установленным нормативам, количество и характер претензий природоохранных органов являются показателем технологической и управленческой эффективности энергокомпаний, формируют ее имидж, в существенной степени определяют ее долговременное устойчивое развитие.

В настоящее время определены основные положения экологической политики ОАО РАО «ЕЭС России», направленной на существенное качественное улучшение природоохранной деятельности в Холдинге. Надеюсь, что представленный обзор экологических проектов, внесет свой вклад в решение этой задачи.

С пожеланием успехов,

Заместитель Председателя Правления  
ОАО РАО «ЕЭС России»

Я.М. Уринсон

**Эффективные  
экологические проекты,  
внедренные на энергопредприятиях  
БЕ – 1 ОАО РАО «ЕЭС России»  
в 2001-2004 гг.**

---

### Перечень эффективных экологических проектов, внедренных на энергопредприятиях БЕ – 1 ОАО РАО «ЕЭС России» в 2001-2004 гг.

Объект внедрения	Экологический проект. Организация-разработчик	Экологическая эффективность, экономический эффект	Краткое описание проекта
1	2	3	4
Новочеркасская ГРЭС Котлы ст.№№ 5-7	Реконструкция и замена электрофильтров	Сокращение выбросов золы в 2 раза	Замена электродов на котлах 5,6. Замена электрофильтра УГ2-4-53 на более эффективный электрофильтр ЭГА-1-30-12
ТЭЦ-23 Мосэнерго Котлы ТГМП-314	Малотоксичные горелки ВТИ-ТКЗ. Рециркуляция дымовых газов. Двухступенчатое сжигание. ОАО ВТИ	Сокращение выбросов оксидов азота в 10-12 раз (Концентрация оксидов азота в дымовых газах снижена: при сжигании газа – до 100 мг/м <sup>3</sup> ; при сжигании мазута - до 220 мг/м <sup>3</sup> при $\alpha = 1.4$ )	Малотоксичные горелки двухпоточные по воздуху и двухпоточные по газу. Организация ступенчатого сжигания в самой горелке
ГЭС-1 Мосэнерго Котел Е-160-440ГМ	ГЭС-1 Мосэнерго Котел Е-160-440ГМ Малотоксичные горелки ВТИ-ЗИО. Рециркуляция дымовых газов. Двухступенчатое сжигание. ОАО ВТИ	Сокращение выбросов оксидов азота в 7-8 раз (Концентрация оксидов азота в дымовых газах снижена:(при сжигании газа до 65 мг/м <sup>3</sup> при $\alpha = 1.4$ )	Малотоксичные горелки двухпоточные по воздуху и двухпоточные по газу. Дымовые газы рециркуляции подаются в топку через горелку в смеси с воздухом
Новочеркасская ГРЭС Котлы ст.№№ 1,3,4	Рециркуляция дымовых газов	При 10% доле газа в топливном балансе котла концентрация оксидов азота снижается на 50-120 мг/м <sup>3</sup>	Рециркуляция дымовых газов при сжигании природного газа и угля
Волжская ТЭЦ Волгоградэнерго Котлы ст. №№ 7-10	Рециркуляция дымовых газов на всас дутьевого вентилятора	Сокращение выбросов оксидов азота на 23-25%	Дымовые газы рециркуляции подаются в горелки котла с помощью дутьевого вентилятора

1	2	3	4
ГЭС-1 Мосэнерго	Обессоливание воды по технологии АМБЕРПАК. 40 м <sup>3</sup> /ч.	Сокращение солевых стоков и потребления воды на собственные нужды в 2-3 раза. Экономия примерно 1 млн.руб. в год.	Обессоливание речной воды, выполненное по современной противоточной технологии фирмы Ром энд Хаас (США). Установка полностью автоматизирована. За счет применения противотока количество фильтров уменьшается в три раза, расход кислоты в 3 раза, щелочи в 2 раза, расход воды на собственные нужды в 3 раза.
ГЭС-1 Мосэнерго	Умягчение воды по технологии АМБЕРПАК. 300 м <sup>3</sup> /ч.	Сокращение солевых стоков и потребления воды на собственные нужды в 2-3 раза. Экономия примерно 3 млн.руб. в год.	Умягчение речной воды, выполненное по современной противоточной технологии фирмы Ром энд Хаас (США). Установка полностью автоматизирована. За счет применения противотока количество фильтров уменьшается в 2,5 раза, расход поваренной соли в 3 раза, расход воды на собственные нужды. в 3 раза.
ТЭЦ-12 Мосэнерго	Обессоливание воды по технологии АПКОРЕ. 200 м <sup>3</sup> /ч.	Сокращение солевых стоков и потребления воды на собственные нужды в 2-3 раза. Экономия примерно 3 млн.руб. в год.	Обессоливание речной воды, выполненное по современной противоточной технологии фирмы Дау – кемикал (США). За счет применения противотока количество фильтров уменьшается в три раза, расход кислоты в 3 раза, щелочи в 2 раза, расход воды на собственные нужды в 3 раза.
Харанорская ГРЭС	Паро-вода-кислородная очистка, пассивация и консервация энергооборудования (котел, турбина) ОАО ВТИ	Отказ от применения хим. реагентов для хим. промывки, консервации оборудования, ликвидация солевых стоков 10 тыс. м <sup>3</sup> . Экономия до 3 млн. руб. на 1 блок.	Технология ПВКО и ПК позволяет в режиме растопки или остановки блока, без монтажа дополнительных схем произвести очистку поверхностей нагрева котлов и проточной части турбин от отложений без применения химических реагентов, выполнить консервацию всего тракта

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ФИЛИАЛАХ ОАО «МОСЭНЕРГО»

Г.В.Преснов, директор ОАО «Мосэнерго»  
по техпереворужению и экологии

Москва - крупнейший в России мегаполис, в котором сконцентрировано большое количество автотранспорта, промышленных предприятий, в том числе электростанций, и иных объектов, которые негативно воздействуют на экологию столицы.

Повышенные концентрации загрязняющих веществ в городе, непосредственная близость жилья к объектам энергетики, высокие темпы жилищного строительства, ужесточающиеся требования природоохранных органов накладывают на энергетиков столицы высокие обязательства.

Одновременно с решением растущих задач по энергоснабжению региона, энергетики столицы успешно решают и вопросы, связанные с улучшением экологической обстановки в городе, в соответствии с программами, утвержденными Постановлениями Правительства Москвы.

Коренным образом изменилась структура топливного баланса московских ТЭЦ (включая ТЭЦ-22). Доля экологически чистого топлива – природного газа – возросла за последние 30 лет с 50 до 96,7 %.

С целью сокращения выбросов загрязняющих веществ, кроме традиционных технологических методов подавления образования оксидов азота, таких как внедрение схем ступенчатого сжигания (внедрено на 74 котлоагрегатах), рециркуляции дымовых газов (внедрено на 72 котлоагрегатах, в том числе, на 12 котлоагрегатах с установкой смесителей ЦНИИМАШ (Игл Дайнемикс)), замены горелочных устройств (на 37 котлоагрегатах), проведены многозатратные реконструкции 6 энергетических котлоагрегатов ТЭЦ-21, 23 с ликвидацией циклонных предтопок, имевших повышенный выброс загрязняющих веществ. В результате проведенных реконструкций выбросы загрязняющих веществ за период 1991 – 2004 гг. сокращены более, чем в 4 раза.

На электростанциях энергосистемы внедряются самые современные и прогрессивные разработки российских и зарубежных ученых:

1. На ТЭЦ-27 на блоках №1 и №2 впервые в России внедрены установки каталитической очистки дымовых газов от оксидов азота DeNOx фирмы “Хальдор Топсе” (Дания), позволяющие снизить концентрации оксидов азота на выходе из котлов до уровня 30 мг/м<sup>3</sup>, что более чем в 4 раза ниже допустимой нормы.
2. На ТЭЦ-22 проведена замена низкоэффективных электрофильтров на блоках Т-250 №№ 9, 10, 11 на фильтры фирмы АББ (Финляндия). Эффективность новых электрофильтров составляет 99,8 %, что обеспечивает концентрацию золы в дымовых газах на выходе – 50 мг/н куб.м
3. На ТЭЦ-21 на котле ТГМ-96Б ст. №7 на основе высокоточных космических технологий внедрены новые малотоксичные горелочные устройства разработки ЦНИИМАШ (ЗАО «Игл Дайнемикс»), обеспечивающие снижение выбросов оксидов азота до нормативных значений.
4. С использованием разработок кавитационных технологий Киевского Политехнического института (Фирма «ИНТРЭК»)
  - 4.1. На всех электростанциях энергосистемы, сжигающих мазут, внедрены схемы эмульгирования, при которых получается практически новое, отличное от газа и мазута, высокодисперсное топливо, что позволяет снижать выбросы оксидов азота при сжигании мазута на 20-35%;
  - 4.2. Внедрены кавитационные рыбозащитные устройства на ТЭС-1, ГРЭС-3, 4, 5, ТЭЦ-7, 9, 12, 16, 17, 20, 21, 22, 26, обеспечивающие защиту рыбной молоди на 80 % при норме 70 %.
  - 4.3. Внедрены кавитационные технологии нейтрализации сточных вод и систем автоматического управления с использованием кавитационного реактора нейтрализатора на ГРЭС-3, 4, 5, ТЭЦ-8, 9, 16, 17, 23.
5. С целью улучшения комфортности жизни людей и сокращения потребления воды на 34 градирнях (из 55) внедрены новые, полимерные, негорючие водоуловители новой конструкции, разработки фирмы “Энергокомпозит”, «Водородные технологии» совместно с ВНИИГ. Степень улав-

ливания влаги после реконструкции – 99,97 % при норме по СНиП – 99,5 %.

6. Стесненность городских условий и непосредственная близость жилья предъявляет повышенные требования к снижению уровня шума от энергетического оборудования. На ТЭС активно внедряются глушители шума разработки МЭИ, ЮжВТИ, НИИстройфизики и др. Так, шумоглушители на ГПК внедрены на 53 котлоагрегатах; за ДС – на 23 котлоагрегатах; перед ДВ – на 13 котлоагрегатах; на 7 компрессорных станциях; на 6 ГРП; шумопоглощающий экран – на 1 градирне (ТЭЦ-23).
7. На электростанциях энергосистемы ведутся работы по внедрению систем экологического мониторинга. Так, на ТЭЦ-21, 22, 23, 24, 25, 26, 28 внедрены системы контроля вредных выбросов с дымовыми газами, которые наряду с функцией контроля выполняют архивацию данных, расчет валовых выбросов, отображение информации в цифровом и графическом виде, вывод на печать.
8. На ТЭЦ-12, 25, 27 внедрены установки обезвоживания известкового шлама ХВО, исключаящие необходимость длительного хранения и накопления шлама предочистки ХВО.

### Подробнее о некоторых уникальных направлениях природоохранной деятельности ОАО «Мосэнерго»:

- В ОАО «Мосэнерго» широко применяются разработанные ЗАО «Игл Дайнемикс» газомазутные горелки ГПС-8, ГПС-12, ГПС-50 тепловой мощностью, соответственно, 8, 12 и 50 МВт, отличающиеся высокой устойчивостью процессов розжига, горения, хорошими срывными характеристиками и пониженной концентрацией оксидов азота в продуктах сгорания и долговечностью. В этих горелках стабилизация факела осуществляется при помощи центрального узла, через который подается 3...5 % газа, сгорающего в факеле, устойчивом в очень широком диапазоне расходов воздуха и газа. Основная часть газа перемешивается с воздухом во внутреннем канале горелки и сгорает при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha=0,7...0,8$ . Остальной воздух подается через периферийный

канал и смешанный с топочными газами обеспечивает дожигание продуктов неполного горения.

- В ОАО «Мосэнерго» с успехом решаются задачи разработки малозатратных мероприятий для устранения различных нежелательных отклонений топочных процессов с использованием средств вычислительной гидродинамики. Например, котел ТГМ-96Б с 4 газомазутными горелками на фронтальной стене мощностью 90 МВт каждая имеет существенный недостаток, состоящий в периодическом разрушении обшивки задней стенки. Моделирование процессов в горелке и в топке позволило установить, что горелка ХФЦКБ-ВТИ не обеспечивает стабилизацию факела за счет возвратного течения вблизи оси закрученного потока. Факел загорается от топочных газов по периферии и процесс горения затягивается до задней стенки. После установки в центральных каналах горелок котла ст.№10 ТЭЦ-21 дополнительных завихрителей факел стал гореть нормально и языки пламени не достигают стенки топки котла при всех нагрузках котла. Эксплуатация котла в течении 2-х лет проходит без перегрева заднего экрана.

- В ОАО «Мосэнерго» широко внедряются технологии, предложенные фирмой ИНТРЭК, особенностью которых является применение гидродинамических кавитационных аппаратов для смешения реагентов, приготовления водо-воздушной смеси и эмульсий (эти аппараты разрабатываются применительно к конкретному технологическому решению и поставляются фирмой ИНТРЭК), комплексный подход, учитывающий нужды филиалов и новейшие технические достижения, автоматизация процессов и оборудования.

Технология приготовления, хранения и сжигания водомазутной эмульсии с содержанием влаги 6-10% внедряется с 1992г. В зависимости от схемы топливоподачи на филиале применяется от двух до четырех ступеней эмульгирования (активации) топлива, но в любом случае обязательным является приготовление топливной эмульсии в объеме резервуара и повторное эмульгирование (активация) перед сжиганием. Этим обеспечивается повышение надежности (за счет исключения проскакивания «линз» воды) и качества (за счет эффекта вторичного распыла) сжигания мазутного топлива, существенное снижение вредных выбросов в воз-

душный бассейн (данный результат подтвержден многочисленными независимыми газовыми испытаниями на различных режимах), утилизация подтоварной воды. Еще одним важным результатом является возможность снижения температуры распыла на 12-15 °С за счет снижения вязкости топлива в жестком кавитационном поле. Данная технология внедрена практически на всех филиалах ОАО «Мосэнерго», где мазутное топливо используется в качестве аварийного.

Оригинальные схемные и технологические решения применяются и при реконструкции узлов очистки замасленных, замазученных стоков. Создание восходящего потока водо-воздушной смеси с использованием кавитационного аэратора позволяет интенсифицировать и оптимизировать процесс извлечения нефтепродуктов (в частности, за счет изменения размеров микропузырьков воздуха и регулировки динамики струй, выходящих из сопел донного коллектора) и вернуть значительную часть воды в оборотную систему предприятия (концентрация нефтепродуктов 0,3-0,5 мг/л). Оставшаяся часть воды очищается до концентрации 0,03-0,05 мг/л, что соответствует нормам ПДК для сброса в водоемы рыбо-хозяйственного назначения.

Модернизируемые узлы очистки замасленных, замазученных стоков снабжаются современными средствами КИПиА. Модернизация сопровождается ремонтом или заменой насосного оборудования, реконструкцией всей системы сбора стоков предприятия. Установка успешно эксплуатируется на ГРЭС-3, ТЭЦ-8, ТЭЦ-21, ТЭЦ-16, ТЭЦ-9, а в настоящее время внедряется на ТЭЦ-6.

Вышеперечисленные работы опираются, во-первых, на результаты стендовых и лабораторных исследований по повышению степени очистки загрязненных стоков, а во-вторых, на имеющийся опыт внедрения, поскольку именно в описываемой области, как показала практика внедрения, масштабный фактор оказывает сильное влияние на процесс флотации.

Выполняемая нами реконструкция узлов нейтрализации сточных вод ХВО обеспечивает повышение производительности узла нейтрализации и позволяет при снижении расхода реагентов и воды обеспечить сброс нейтрализованных вод (рН = 6-8) в автоматическом режиме. Достигается это тем, что как нейтрализация, так и предварительная гомогени-

низация реагентов протекают в условиях активного массопереноса в проточном кавитационном реакторе, причем эти процессы непрерывно контролируются и управляются с использованием современных средств измерения и автоматики, в том числе локальных контроллеров и систем управления верхнего уровня.

Как правило, при модернизации узлов нейтрализации также производится ремонт бакового хозяйства, трубопроводов обвязки и насосного оборудования. Фирма ИНТРЭК выполняет также работы по нейтрализации обмывочных вод РВП с выделением Ni- и Va-содержащих шламов, их последующим отжимом и утилизацией. Технология нейтрализации сточных вод внедрена нами на ГРЭС-3, ГРЭС-4, ГРЭС-5, ТЭЦ-8, ТЭЦ-9, ТЭЦ-11, ТЭЦ-12, ТЭЦ-16, ТЭЦ-17, ТЭЦ-20, ТЭЦ-21, ТЭЦ-23, ТЭЦ-26.

Таким образом, основными направлениями деятельности фирмы ИНТРЭК являются защита воздушного бассейна (путем снижения выбросов оксидов азота, бензапирена, сажи в процессе сжигания водомазутной эмульсии) и защита водного бассейна (нейтрализация или разбавление агрессивных стоков, многоступенчатая очистка от нефтепродуктов, защита водозаборов от мусора и защита молоди рыб от попадания в водозаборы, и, наконец, зарыбление водоемов растительными породами рыб, что предотвращает нежелательное распространение водорослей).

И в заключение хотелось бы отметить, что опыт внедрения природоохранных технологий на филиалах ОАО «Мосэнерго» и других объектах энергетики однозначно свидетельствует: для успешного завершения работ необходимо, чтобы весь цикл от предпроектной подготовки и выбора технического решения до пуска наладочных испытаний выполнялся при непосредственном участии разработчика, поскольку даже апробированные технические решения требуют привязки по месту и переработки применительно к конкретным условиям данного предприятия энергетики. Использование данного принципа позволяет ОАО «Мосэнерго» иметь стабильно высокие положительные результаты при внедрении природоохранных мероприятий с применением новейших прогрессивных технологий.

## Эффективные экологические проекты, внедренные на энергопредприятиях БЕ-2 ОАО РАО «ЕЭС России»

## ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС-1



На Березовской ГРЭС-1 установлено два энергоблока мощностью 800 МВт с паровыми турбинами К-800-240-5 ЛМЗ и прямоточными однокорпусными котлами П-67 Подольского машиностроительного завода им. Орджоникидзе. Основным топливом для котлов станции является бурый уголь марки 2БР Березовского месторождения, при сгорании которого образуется зола,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ .

На котлоагрегатах предусмотрена очистка уходящих газов от золовых частиц. В качестве золоуловителей установлены двухъярусные горизонтальные четырехпольные электрофильтры типа ЭГД-2-128-9-6-4-200-5 с КПД 98,5%.

### Снижение выбросов окислов азота

Очистка от газообразных загрязняющих веществ на котлах П-67 отсутствует, однако в котле

проектом предусмотрено подавление окислов азота за счет низкотемпературного сжигания топлива с рециркуляцией дымовых газов (коэффициент рециркуляции 31%). На котлах П-67 ст. № 1,2 в 2003 году закончена реконструкция горелок, в результате чего концентрация окислов азота снижена с 600 мг/нм<sup>3</sup> и более до 430 мг/нм<sup>3</sup>.

В 2004 году на котле № 2 были выполнены испытания по проверке и отработке режимов, обеспечивающих снижение выбросов окислов азота:

- изменение избытка воздуха в топочной камере;
- изменение степени рециркуляции дымовых «холодных» газов;
- работа различными составами оборудования (7 и 8 пылесистем);
- комбинация этих факторов;
- увеличение содержания кислорода в газах рециркуляции.

Основная серия опытов была выполнена на котле № 2, как на оборудовании с более высокими концентрациями  $\text{NO}_x$  по результатам многолетних измерений. На котле № 1 выполнялись контрольные замеры и специальные испытания. Нагрузка энергоблоков в период испытаний составила 730-740 МВт.

Замеренные величины концентраций окислов азота автоматически приводились к  $\text{NO}_2$  и пересчитывались на  $\alpha = 1,4$  для сравнения результатов испытаний между собой и с нормативной величиной 370 мг/нм<sup>3</sup>.

По результатам испытаний, нормативная величина выбросов  $\text{NO}_x$  в дымовых газах достигается при работе котла:

Результаты аналитического контроля выбросов окислов азота на котле ст. № 2, выполненные лабораторией Экологической службы в 2004 году:

Дата проведения замера	Нагрузка МВт	Концентрация $\text{NO}_x$ , мг/нм <sup>3</sup>	Дата проведения замера	Нагрузка МВт	Концентрация $\text{NO}_x$ , мг/нм <sup>3</sup>
09.01.	725	485	24.09.	760	418
12.02.	730	371	29.11.	550	339
30.03.	720	397	03.12.	600	334
13.05.	780	356			

- на 7 пылесистемах при  $\alpha_{\text{взк}} = 1,2$
- на 8 пылесистемах при  $\alpha_{\text{взк}} = 1,16$

В 2005 году проводились испытания влияния тонины помола топлива и распределения пыли по ярусам горелок на содержание окислов азота в дымовых газах и на процесс шлакование топки котла. В ходе испытаний котлы были переведены на сжигание пыли угрубленного помола R1000 = 4%. Был разработан проект «нижнего» дутья, проверка эффективности которого произведена с помощью математического моделирования. В настоящее время выполнена модернизация блока №1 по данному проекту и проводятся испытания, с целью достижения выбросов  $\text{NO}_x$  нормативной величины во всех диапазонах нагрузок, что соответственно приведет к снижению экологических платежей.

### Использование золошлаковых отходов

Основными образующимися на станции отходами являются золошлаки. За время работы станции было сожжено в топках котлов около 56750 тыс.т.н.т., образовалось золошлаковых отходов около 2 400 тыс. тонн (в сухой массе). Для находящихся в эксплуатации энергоблоков № 1 и 2 принята совместная система удаления золы и шлака, транспортировка осуществляется гидравлическим способом по золошлакопроводам, с возвратом осветленной воды для повторного использования в системе ГЗУ, построены секции 1 и 2 золоотвала с бассейном осветленной воды и насосной станцией, которые обеспечили складирование золошлаков с 1987 до 1998 г.

С 1998 г. по рабочей документации ОАО «Ростовтеплоэлектропроект» («РотЭП») выполнено наращивание ограждающих дамб секций 1 и 2 до отм. 291,5 м. с использованием талых золошлаков с послойным уплотнением с увеличением полезной емкости золоотвала, обеспечивающих на тот момент дальнейшую работу энергоблоков. Для этого было использовано суммарно около 350 тыс. тонн золошлаков. Дальнейшее наращивание ограждающих дамб нецелесообразно и экологически необосновано. В связи с планируемым строительством 3-го энергоблока и заполнением существующих секций, возникла необходимость расширения золоотвала и строительства 3-ей секции с выпол-

нением эффективного противомембранного экрана.

С помощью КГТУ силами станции в 2001 году были проведены работы по испытанию водонепроницаемости насыпи из золошлаковых материалов на 2-м ярусе ограждающей дамбы секции № 2 золошлакоотвала. Это предусмотрено в проекте расширения золоотвала (секция 3), выполненном институтом «РотЭП».

В развитие этого проекта были предусмотрены опытно-производственные испытания различных способов противомембранного экранирования ложа с использованием ЗШМ, размещенных в секциях № 1,2. В границах секции № 3 золоотвала были выполнены четыре опытные площадки для определения сравнительной оценки в натуральных условиях 4-х способов экранирования ложа 3-ей секции, предложенных СибНИИГом и КГТУ в проекте «Опытно-производственных работ по инженерной подготовке и экранированию заторфованного ложа 3-й секции золоотвала БГРЭС-1». Получено положительное заключение государственной экологической экспертизы КПП по Красноярскому краю от 01.06.01 № 366-э. Опытно-технологические работы и фильтрационные испытания были проведены в период с сентября 2000г. по октябрь 2001 г. силами ОАО «БГРЭС-1» при методическом участии специалистов КГТУ и СибНИИГа.

В результате анализа полученных опытным путем данных решено выполнить строительство ограждающей дамбы секции № 3, состоящей из:



- дамбы, отсыпанной из суглинка (карьер «Волчьего гора») с тщательным послойным уплотнением до 1,6 т/м³ слоями по 0,2 м до отметки 288,5 м;

- дамбы, выполненной из отсыпанных золошлаков, до отметки 291,5 м.

Экранирование ложа из золошлаковых отходов включает в себя следующее:

- использование слоя торфа в качестве естественного экрана;

- послойная отсыпка экрана толщиной 1,5 м из ЗШМ на мерзлое основание с уплотнением 1,438 – 1,611 т/м³ при влажности 36,0 – 55,5%.

Расчеты показали, что при экране такой конструкции фильтрационные потери из третьей секции отвала не превысят 430 м³/сут., что более чем в два раза ниже согласованного ранее расхода при метровом экране из суглинка. Кроме того, прочность экрана со временем возрастет благодаря гидратации клинкерных минералов золы.

Проектное решение по изменению конструкций ограждающих дамб и экранирования ложа

золоотвала с применением ЗШМ ОАО «БГРЭС-1» получило положительное заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы. На данный момент на строительства 3-ей секции использовано около 1 300 тыс. тонн ЗШМ из 1 и 2 секции ЗШО.

При этом:

- не производится выемка и замена слабо-прочного заторфованного грунта в заболоченном основании золоотвала, грунт используется в качестве второго (естественного) слоя противофильтрационного экрана;

- не используется дорогостоящий привозной кондиционный глинистый грунт;

- уменьшается стоимость строительства;

- используются золошлаковые отходы из 1,2 секций, освобождаются емкости;

- обеспечивается экологическая безопасность и эксплуатационная надежность золоотвала в соответствии с нормативными требованиями.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ИВАНОВСКОЙ ТЭЦ-1 ОАО «ИВАНОВСКАЯ ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

В 2002-2005 годах на Ивановской ТЭЦ-1 осуществляется реконструкция, которая определяется необходимостью полного удовлетворения текущего и перспективного спроса на тепловую энергию в паре на производство и горячей воде в центральной и северо-западной частях города Иваново.

Проведение реконструкции проводится на базе применения газотурбинных технологий, позволяющих снизить затраты на производство тепловой энергии за счёт утилизации горячих выхлопных газов от газотурбинных установок в котлах и обеспечить сопутствующую выработку электрической энергии.

Капитальные затраты на реализацию проекта реконструкции по состоянию на 01.08.2005 г. составили – 326 млн. руб. (без НДС), в том числе:

- проектирование 23 млн. руб.;
- строительные-монтажные работы 112 млн. руб.;

- оборудование 178 млн. руб.;
- прочее 13 млн. руб.

Удельная стоимость 1 кВт установленной электрической мощности по имеющимся фактическим затратам и прогнозируемым вложениям, необходимым для завершения работ по первому этапу реконструкции (два котла Е-50 и две ГТУ «Урал-6000») составит ~900,06 \$/кВт.

Одним из приоритетных направлений реконструкции является решение экологических проблем на основе использования малоотходных технологий и применения специальных технических решений по снижению выбросов в окружающую воздушную среду.

Для обеспечения тепловой нагрузки промышленных потребителей пара в новой пристройке к котельному цеху установлены два паровых котла типа Е-50-0,7-260 производства «ИК ЗиОМАР», г. Подольск (50 тонн пара в час; 0,7МПа; 250°С), ра-

ботающих на природном газе с утилизацией тепла сбрасываемых в топку выхлопных газов от двух газотурбинных установок типа ГТЭС – «Урал 6000» производства ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь (ед. мощность 6МВт).

Барабанный котёл Е-50-0,7-250Г (П-102) разработан ОАО «ИК «ЗиОМАР» и изготовлен ОАО «ЗиО-Подольск» для работы в блоке с ГТЭС «Урал-6000» (далее ГТУ).

Котёл однокорпусный, однобарабанный, вертикально-водотрубный, низкого давления, с естественной циркуляцией и уравновешенной тягой. Имеет П-образную сомкнутую компоновку.

Котёл должен обеспечивает отпуск пара с параметрами 5÷7 кгс/см²; 250÷260°С в следующих трёх режимах:

### Два комбинированных режима с ГТУ:

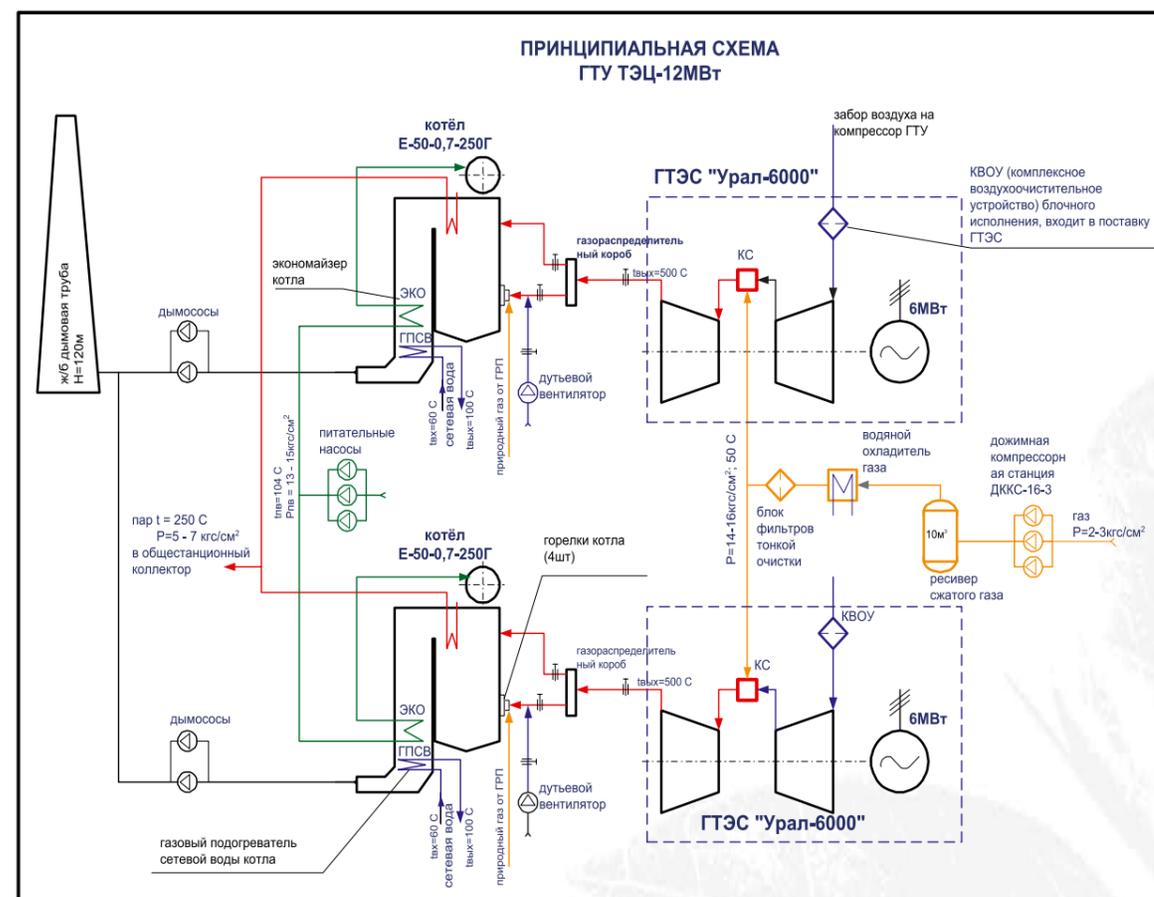
1. Совместно с ГТЭС и с дожигом («Сбросной» режим). В данном режиме выхлопные газы ГТУ

поступают в котёл через горелки (~ 40% от их общего расхода) и через сбросные сопла в верхнюю часть топки (~ 60% от общего расхода). Одновременно на горелки котла подаётся газ, для сжигания которого, используется остаточный кислород, содержащийся в выхлопных газах газовой турбины.

В комбинированном режиме дутьевой вентилятор не работает. Удаление дымовых газов производится дымососом ВДН-18Ф.

Утилизируемое тепло от ГТУ позволяет снизить расход топлива на котёл до 30% (диапазон нагрузок 15÷50т/ч);

2. Утилизационный режим. Котёл работает только на тепле выхлопных газов ГТУ (490 – 510 °С; 32 кг/сек) без дополнительного сжигания топлива в горелках (диапазон нагрузок 15÷17т/ч). Сброс выхлопных газов от ГТУ осуществляется так же как и в «Сбросном» режиме. Дутьевой вентилятор не работает, удаление дымовых газов производится дымососом ВДН-18Ф.



**Автономный режим без ГТУ.**

Котёл работает как классический энергетический агрегат на газовых горелках с подачей воздуха от дутьевых вентиляторов (диапазон нагрузок 15÷50т/ч). Удаление дымовых газов производится дымососом ВДН-18А.

Газотурбинная электростанция «Урал-6000» разработана ОАО «Авиадвигатель» и изготавливается по его конструкторской документации. ГТЭС предназначена для выработки переменного электрического трехфазного тока напряжением 6,3кВ.

В качестве привода электрогенератора применён газотурбинный двигатель ГТУ-6П, который состоит из газогенератора и силовой турбины, приводящей во вращение электрический генератор ГТГ-6-2РУХЛЗ через трансмиссию, редуктор Р-60 и фрикционную муфту. Частота вращения силовой турбины двигателя на установившихся режимах составляет 6925±28 об/мин.

Расчетная номинальная располагаемая тепловая мощность на выходе двигателя при снижении температуры уходящих газов до 110 °С составляет 11,6 Гкал/ч.

ГТЭС допускает длительную работу на режимах от холостого хода до номинального включительно.

Продолжительность автоматического запуска двигателя на режим холостого хода, без возбуждения генератора, без учета вентиляции составляет 90-120 сек.

Продолжительность работы двигателя на режиме прогрева составляет не более 2 мин.

Максимальное значение одной ступени наброса нагрузки составляет 25% от номинального значения.

ГТЭС допускает полный сброс нагрузки с любого режима до холостого хода. Время выбега ротора газогенератора с частоты вращения 1000 об/мин не превышает 100 сек.

Номинальные параметры топливного газа на входе в двигатель составляют:

Температура, °С	5±50
Давление (изб), МПа	1,57±1,76

Двигатель запускается турбинным стартером, рабочим телом для которого используется природный газ с давлением 392-490 кПа (4-5 кгс/см<sup>2</sup>) и температурой 5-50 °С или воздух с тем же давлением и температурой 100-150 °С.

Мощность собственных нужд ГТЭС не превышает 50 кВт.

Основные работы по монтажу теплотехнического оборудования проведены Волгореченским монтажным управлением ОАО «Фирма «Центро-энергомонтаж», электротехнического оборудования - Костромским управлением – филиалом ОАО «Электроцентромонтаж»

Проведённая реконструкция позволит снизить выбросы:

- окислов азота NO<sub>2</sub> – с 326,3 до 191,4 т/год (с 19,5 до 11,1 г/с), NO – с 53,0 до 31,1 т/год;
- окислов серы SO<sub>2</sub> – с 1091,0 до 277,7 т/год (с 170,0 до 87,5 г/с);
- мазутной золы – с 4,7 до 0,17 т/год.

Снижение выбросов SO<sub>2</sub> и мазутной золы обусловлено, прежде всего, тем, что новое оборудование работает только на природном газе, мазут же остался лишь в качестве резервного топлива на двух оставшихся котлах типа ГМ-50-1.

Сведения о количестве выбросов даны согласно Разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу от 18.03.2005 г. №23-49-1-Н на состав оборудования до реконструкции и Разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу от 17.05.2005 г. №65У на существующий состав оборудования, выданных Управлением по технологическому и экологическому надзору по Ивановской области (Ростехнадзор).

**ВНЕДРЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОАО « ИРИКЛИНСКАЯ ГРЭС»**

В период 2001 – 2005 гг. на Ириклинской ГРЭС велась работа по приобретению и монтажу газоанализаторов непрерывного действия МАК – 2000 производства НПФ «Энергопромкомплект» (г. Москва). Монтаж производился при непосредственном участии представителей фирмы. Прибор работает в диапазоне температур от 5 до 40 °С, от сети напряжением 220 В. Средний срок службы по данным изготовителя составляет 7 лет. Газоанализатор предназначен для непрерывной регистрации концентраций NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> в уходящих газах, а также для проведения работ по настройке оптимального режима горения топлива, осуществ-

лявшихся ранее по штатным дымомерам и с применением переносных газоанализаторов.

В настоящий момент приборы установлены на 5 энергоблоках ( бл.ст. №1,2,5,6,7). В 2005 году газоанализатор МАК-2000 будет установлен на эн.бл. ст.№3. Затраты на оснащение энергоблоков данными приборами составили 2946,332 тыс.рублей.

Газоанализаторы позволяют снизить выбросы оксидов азота и углерода за счет оптимизации процесса сжигания топлива. В последующие годы планируется оснащение МАК-2000 остальных энергоблоков электростанции.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ КОТЛОВ ОАО «КУЗБАССЭНЕРГО», ПЕРЕВЕДЕННЫХ НА СТУПЕНЧАТОЕ СЖИГАНИЕ КУЗНЕЦКОГО УГЛЯ ПО РАЗРАБОТКАМ МЭИ**

*В.В.Абрамов, С.В.Дуплинский (Западно-Сибирская ТЭЦ ОАО «Кузбассэнерго»), А.М.Архипов (Московский энергетический институт (технический университет), А.А.Вагнер (ОАО РАО «ЕЭС России»), Ю.А.Грецингер (ОАО «Кузбассэнерго»)*

По разработке МЭИ в системе ОАО «Кузбассэнерго» переведены на ступенчатое сжигание кузнецкого угля 9 котлов с твердым шлакоудалением (типы котлов БКЗ-210-140ФД, БКЗ-210-140Ф, ТП-10). Получено двукратное снижение выброса оксидов азота, обеспечено устойчивое горение угля без подсветки факела, приведены в норму температуры металла пароперегревателя. КПД котлов «брутто» повышен до 91-91,8 % за счет оптимизации аэродинамики факела, что привело к снижению содержания горючих в уносе до 3-5% и уменьшению избытка воздуха за пароперегревателем до 1,15-1,17. Проводятся работы по реконструкции и наладке котла ТП-87 с целью снижения удельного выброса NO<sub>x</sub>

с 1100-1200 до 550-600 мг/м<sup>3</sup> за счет ступенчатого сжигания кузнецкого угля в условиях сохранения жидкого шлакоудаления.

Начиная с 1995 г. в системе ОАО «Кузбассэнерго» реконструировано 9 котлов 4 типов по разработкам кафедры «Котельные установки и экология энергетики» МЭИ. Основная цель их реконструкции – снижение удельного выброса оксидов азота за счет использования ступенчатых методов сжигания угля. Одновременно решались задачи повышения надежности и экономичности работы котлов, в основном, посредством оптимизации аэродинамики факела.

На четырех котлах типа БКЗ-210-140ФД (ст. №№ 1-4) и одном котле типа БКЗ-210-140Ф (ст.№ 5) ЗСТЭЦ была внедрена технология ступенчатого сжигания кузнецкого угля в U – образном факеле [1, 2, 3], которая характеризуется снижением выброса оксидов азота примерно в 2 раза – до уровня 360-380 мг/м<sup>3</sup>. Это объясняется принятой низкой долей первичного воздуха (0,25-0,3), в то время

как вторичный и третичный воздух поступают в факел по ходу его U-образного движения.

По экономичности процесса горения указанная технология первоначально оказалась наиболее эффективной на котле № 5, на котором горелки, сопла вторичного и третичного воздуха (все по 8 шт.) были установлены в общих вертикальных плоскостях с равномерным горизонтальным шагом в соответствии с рис. 1.

Сокращению содержания горючих в уносе в 2-2,5 раза (до 3-5%) способствовала оптимизация аэродинамики факела в зоне дожигания угольной пыли. Это было достигнуто за счет соответствующей компоновки сопел третичного дутья. По высоте сопла были разбиты на 2 отсека, оси которых за счет установки козырьков направлены в разные стороны на 6 градусов относительно нормали. При этом отсеки соседних сопел направлены по зеркальному отображению.

Как показали модельные аэродинамические исследования [3], за счет увеличения скоростей струй и более надежного перекрытия сечения выхода догорающего факела вдоль задней стены топки вверх указанная компоновка сопел обеспечила интенсивное перемешивание реагентов. При этом хвостовые участки струй третичного дутья попа-

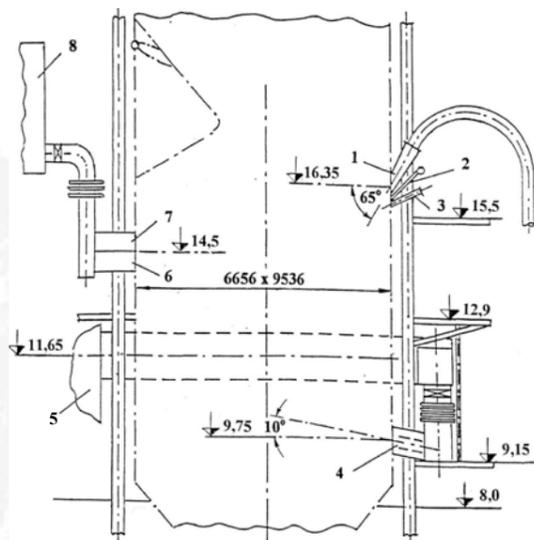


Рис. 1. Компоновка горелок и сопел на котле № 5: 1 – пылеугольная горелка; 2 – ввод коксового газа; 3 – форсуночная труба; 4 – сопло вторичного воздуха; 5 – воздухопровод горячего воздуха; 6 и 7 – нижний и верхний отсеки сопла третичного воздуха; 8 – выходной коллектор воздухоподогревателя.

дают в межструйные пространства горелок, что исключает возможность захвата и выноса ими вверх незагоревшей пыли из периферийных зон свежих горелочных струй. Благодаря этому был ликвидирован наиболее значимый источник возникновения мехнедожога.

Аналогичный подход по оптимизации процесса дожигания U – образного факела был успешно опробован в 2005г на котле БКЗ-210-140 ФД (ст.№ 3). После модернизации схемы третичного дутья на этом котле произошло значительное снижение горючих в уносе – до уровня 3-5% (как и на котле № 5). По эксплуатационным данным, в апреле и мае 2005г котлы №№ 3 и 5 работали с самым низким по котлам 1 очереди мехнедожогом (1,13 – 1,21 %). В этот период на котлах 1 очереди ЗСТЭЦ доменный газ вообще не сжигался, а коксовый газ поступал на все котлы равномерно и в незначительных количествах. По данным испытаний МЭИ, проведенных в этот период, избыток воздуха за пароперегревателем котла № 3 на нагрузке 180-185 т/ч не превышал 1,15 – 1,17 при доле первичного и третичного воздуха порядка 0,25 и 0,20 соответственно. Удельный выброс оксидов азота составлял 370-380 мг/м<sup>3</sup> (в работе находились 6 пылепитателей и 2 мельницы), а КПД котла «брутто» – 91,7 – 91,8 %.

Следует остановиться на вопросах надежности работы реконструированных котлов 1 очереди ЗСТЭЦ. При сжигании кузнецкого угля среднеэксплуатационного качества ( $Q_{нр} = 4350 - 4900$  ккал/кг,  $A_p = 14 - 19$  %,  $W_p = 15 - 19$  %,  $V_{г} = 38 - 40$  %) шлакование экранов топki и пароперегревателя не имеет места. Процесс горения является устойчивым в диапазоне нагрузок 150 – 210 т/ч без подсветки факела. Температура металла ширм и конвективного пароперегревателя не превышает допустимые значения. В [1, 2] отмечено, что до перевода котлов на ступенчатое сжигание кузнецкого угля имели место неоднократные случаи нарушения надежности их работы по всем указанным аспектам.

На 3 котлах Кузбассэнерго (БКЗ-210-140Ф, ст.№ 6 ЗСТЭЦ; ТП-10, ст.№№ 7 и 8 ТУГРЭС), оборудованных боковыми тангенциально направленными прямооточными горелками, применена иная схема установки сопел третичного воздуха. Модельные аэродинамические исследования показали, что на котлах указанных типов наиболее

эффективным, с точки зрения перемешивания реагентов, является размещение 6 сопел третичного дутья на фронтальной и задней стенах топki (по три). Отметка размещения сопел и угол их наклона вниз определяются компоновочными соображениями и зависят, прежде всего, от высоты топki и от отметки расположения верхних каналов аэросмеси на горелках. На котлах БКЗ, имеющих сравнительно низкие топki, сопла были установлены на 2,65-2,7 м выше уровня размещения верхних каналов аэросмеси и наклонены вниз на угол 30-35°. На котлах ТП-10 с более высокими топками сопла были установлены на 5,1 м выше отметки верхних труб ввода в топку пыли высокой концентрации (ПВК) и наклонены вниз на угол 38°.

Комплексное улучшение показателей по снижению выброса оксидов азота (до 340-380 мг/м<sup>3</sup>), по повышению экономичности и надежности работы реконструированного котла № 6 ЗСТЭЦ подробно рассмотрено в [4]. По остальным реконструированным котлам можно отметить следующее: выброс оксидов азота снижен до 400 - 415 мг/м<sup>3</sup>, КПД котлов «брутто» улучшен на 0,2-0,3 %, обеспечена бесшлаковочная работа поверхностей нагрева. На реконструированных котлах ТП-10 ТУГРЭС имеется проблема некоторого снижения тепловосприимчивости пароперегревателя. Эта проблема может быть решена путем наращивания поверхности нагрева пароперегревателя, либо путем уменьшения угла наклона вниз сопел третичного воздуха.

В июне 2005г остановлен на реконструкцию котел ТП-87 (ст.№ 9) ЗСТЭЦ. Основная цель реконструкции – снижение удельного выброса оксидов азота с 1100-1200 мг/м<sup>3</sup> до уровня 550-600 мг/м<sup>3</sup>. Технические решения разработаны кафедрой «Котельные установки и экология энергетики» МЭИ. Рабочий проект реконструкции котла выполнен ОАО «ЦКБ Энергоремонт» (как и по реконструированным котлам ТП-10 ТУГРЭС).

Проект реконструкции котла ТП-87 основан на следующих принципиальных решениях:

- сохранен жидкий способ шлакоудаления (в противном случае увеличиваются капитальные и временные затраты на реконструкцию котла, хотя выброс оксидов азота при этом мог быть сокращен до 400 – 450 мг/м<sup>3</sup>);
- пережим топочной камеры ликвидируется;
- на 1,7 м повышена верхняя граница

шипования экранов топki;

- вместо 12 горелок улиточного типа используется то же число прямооточных горелок, установленных на прежней отметке (10,75 м) с наклоном вниз на 10° и повернутых вправо на угол 8,5° для создания системы встречно-смещенных горелочных струй;

- сбросной воздух пылесистем и некоторая часть вторичного воздуха вводятся в топку через 12 комбинированных сопел, установленных по 6 на фронтальной и задней стенах (отметка 13,9 м) с наклоном вниз на угол 35° и повернутых влево на угол 8,5°;

- сопла третичного воздуха установлены на фронтальной и задней стенах топki (отметка 16,3 м) и выполнены в виде 12 блоков, состоящих каждый из 8 труб Ø133x5 мм, которые направлены горизонтально и через одну трубу повернуты влево – вправо на угол 8,5° при вертикальном шаге труб 150 мм.

Модельные аэродинамические исследования показали, что надежное перемешивание догорающего факела с третичным воздухом может быть достигнуто при высокой скорости истечения струй последнего (52 м/с при доле около 0,3). Для обеспечения этого на входе в корпуса горелок должны быть установлены ограничительные шайбы, пропускная способность которых может корректироваться в процессе наладки реконструированного котла.

Сероводородная коррозия экранов в зоне активного горения не будет иметь места по двум причинам: из-за сравнительно низкой сернистости кузнецкого угля ( $S_p=0,3-0,5$  %), а также из-за надежного расположения факела в центральной зоне топki, благодаря аэродинамике встречно-смещенных струй.

Проведенные расчетные исследования и анализ показали, что надежный выход жидкого шлака и исключение сепарации несгоревшей пыли на под в условиях ступенчатого сжигания газового угля могут быть обеспечены, если будут осуществлены два предложенных мероприятия: частотное регулирование оборотов пылепитателей, (что даст возможность работать на 12 горелках в эксплуатационном диапазоне нагрузок), и использование струйных распылителей – стабилизаторов зажигания ПВК конструкции ЗСТЭЦ – МЭИ. Указанные мероприятия приняты к внедрению.

**ВЫВОД**

На основании опыта реконструкций котлов ОАО «Кузбассэнерго» с переводом их на ступенчатое сжигание кузнецкого угля можно утверждать, что за счет оптимизации аэродинамики факела

обеспечивается не только двукратное снижение выброса оксидов азота в атмосферу, но и существенное повышение надежности и экономичности работы котлов.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЛОВ ПК-38 СТ. № 3А И 4Б НАЗАРОВСКОЙ ГРЭС (ОАО «КРАСНОЯРСКЭНЕРГО») ПО ПРОЕКТУ ООО «ПОЛИТЕХЭНЕРГО».

Реконструкция котла, станционный номер 3А, была проведена в период с 11 октября по 30 ноября 2003 года. Проект реконструкции предусматривал перевод котла на «ВИР-технологии» сжигания угля в мельничном варианте.

В объём реконструкции котла входило:

- сужение сечения гравитационных сепараторов шахтных мельниц для угрубления помола;
- реконструкция холодной воронки, с установкой дефлектора, воздухопроводов и сопел нижнего дутья;
- реконструкция горелочных устройств.

Реконструкция котла, станционный номер 4Б, была проведена в период с 2 марта по 8 июля 2004 года. Проект реконструкции предусматривал перевод котла на «ВИР-технологии» сжигания угля в мельничном варианте, а так же предусмотрен безмельничный вариант подачи топлива из бункеров сырого угля через ПСУ непосредственно в котёл.

В объём реконструкции входило:

- реконструкция холодной воронки, установка дефлектора, системы подачи воздуха на нижнее дутьё;
- заужение сечения гравитационных сепараторов шахтных мельниц для угрубления помола;
- монтаж схемы безмельничной подачи топлива

Стоимость проведённой реконструкции котлов ПК-38 составила: ст. № 4Б – 24,6 млн. руб.; ст. № 3А – 14,4 млн. руб.

Проведение опытных растопок показало:

1. Увеличена паропроизводительность котлов при длительной безшлаковочной работе поверхностей нагрева: ст. № 4Б – со 190 до 225 т/ч; ст. № 3А – с 200 до 235 т/ч, что дало увеличение располагаемой электрической мощности энергоблока на 10,6 МВт.

2. Увеличен КПД котла брутто: ст. № 4Б – с 92,2 до 92,48 %; ст. № 3А – с 91,01 до 91,88 %, что при неизменной выработке тепловой и электрической энергии дает снижение затрат на топливо.

3. Повышение КПД котлов, при неизменной выработке тепловой и электрической энергии дает снижение выбросов в атмосферу парниковых газов (CO<sub>2</sub>), в связи с чем выполняются требования ратифицированного 22 октября 2004 г. Государственной Думой Киотского протокола по сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу.

4. Уменьшились вредные выбросы окислов азота: на котле ст. № 4Б с 800 до 550 мг/нм<sup>3</sup>; на котле ст. № 3А – с 370 до 345 мг/нм<sup>3</sup>.

5. Снизилась минимально возможная длительная паровая нагрузка котла со 175 до 150 т/ч (увеличился регулировочный диапазон изменения паровой нагрузки котла).

6. Переход с жидкого на твёрдое шлакоудаление котла не требует «подсветки» факела мазутом при ухудшении плавкостных характеристик золы сжигаемого топлива. При этом снижаются затраты на топливо при прочих равных условиях.

7. Внедрение ВИР-технологии сжигания топлива расширяет диапазон возможного использования на НГРЭС других марок углей Канско-Ачинского угольного бассейна.

В настоящее время котёл ст. № 4Б полностью переведён на сжигание дроблёнки, при этом в соответствии с протоколом технического совещания при директоре НГРЭС от 07.07.05 для улучшения его экономических и экологических характеристик намечено в 2005 году выполнить ряд технических мероприятий:

1. Отрепетировать воздухопровод первичного воздуха 4Б-3, включая шайбу и импульсные линии.
2. Провести тарировку шайб по первичному воздуху с врезкой соответствующих штуцеров.
3. Установить лючки на коробах подвода воздуха НД для осмотра и прочистки сопел НД во время останова.
4. Демонтировать линии на уплотнение подшипников мельниц.
5. Отглушить эжекторы 2 и 3 от ПСУ по первичному воздуху в соответствии с проектом ООО «Политехэнерго».
6. Отглушить мельницы по первичному воздуху.
7. Провести ревизию хвостовых поверхностей нагрева и БЦУ.
8. Заменить кубы ВЗП.
9. Провести перетрассировку золопроводов от БЦУ.
10. Переставить ключи управления по первичному воздуху.

11. Установить тахометры на ПСУ 4Б1-4Б4.
  12. Все 4 прибора, показывающие температуру аэросмеси, расположить в один ряд.
  13. Заглушить шахты мельниц М1 и М4 и переделать горелки аналогично М2 и М3.
  14. Сделать новые разводки экранов горелочного блока по размерам насадков эжекторов.
  15. Разработать и смонтировать устройство, регулирующее сечение устья холодной воронки.
- После выполнения данных мероприятий и проведения испытаний котла ст. № 4Б будет принято решение об аналогичной реконструкции котла ст. № 3А.

Демонтаж мельниц котла ст. № 4Б в настоящее время является преждевременным, т. к. требуется длительная (в течение на менее одного года) подконтрольная эксплуатация котла с обеспечением надёжной работы экранных поверхностей нагрева

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ, ВНЕДРЕННЫЕ В ФИЛИАЛАХ ОАО «НИЖЕГОРОДСКАЯ ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

### 1. Система каталитической очистки дымовых газов – установка «ДЕНОКС» на Дзержинской ТЭЦ

В декабре 2001 года была внедрена система каталитической очистки дымовых газов- установка «ДЕНОКС» по очистке выбросов дымовых газов в атмосферу от оксидов азота по технологии Датской компании «Хальдор Топсе» на ОАО «Дзержинская ТЭЦ» на котле №8.

Процесс ДЕНОКС - это каталитический процесс селективного восстановления окислов азота безводным аммиаком, водным раствором аммиака или мочевиной. На ОАО «Дзержинская ТЭЦ» аммиак подается по аммиакопроводу от соседнего предприятия ПО «Корунд». В результате процесса оксиды азота восстанавливаются до свободного азота, не образуя никаких вторичных загрязняющих окружающую среду веществ.

Ключевым элементом процесса ДЕНОКС является катализатор фирмы «Хальдор Топсе». Катали-

затор монолитный с большим числом параллельных каналов организованных в виде сотовой структуры активным компонентом является пятиокись ванадия. Без катализатора эти процессы протекают только в ограниченном диапазоне температур 900 – 1100 °С, катализатор обеспечивает возможность реакции при температуре 160 – 450 °С при практически полном отсутствии побочных процессов с эффективностью очистки до 90%. Катализатор характеризуется высокой активностью в широком спектре температур, механической прочностью, стойкостью к отравителям, длительным сроком работы (25 тыс. часов), низким проскоком аммиака.

Впрыск аммиака в очищаемый газ перед реактором ДЕНОКС производится инжекционной системой с большим числом форсунок, этим достигается равномерное соотношение NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> по сечению газохода на входе в реактор. Равномерное распределение газа по сечению реактора ДЕНОКС обеспечивается специально спроектирован-

ными направляющими лопатками, установленными на входе в реактор.

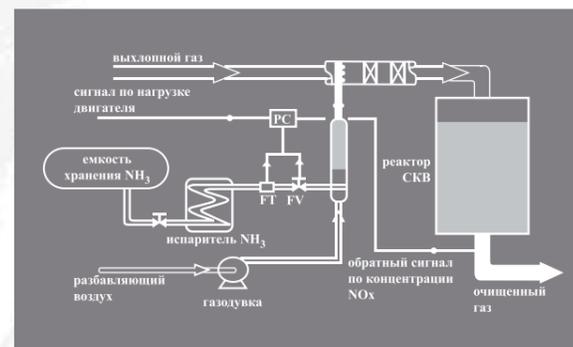
Основные преимущества процесса ДЕНОКС:

- эффективность de-NO<sub>x</sub> свыше 95% при проходе аммиака не превышающем 2 ppm.
- не образуется продуктов, загрязняющих окружающую среду.
- быстро адаптируется к изменениям расхода и температуры газа.

## 2. Система мониторинга вредных выбросов по проекту Тасис ERUS 9703 «Оптимизация работы Сормовской ТЭЦ»

Филиал «Сормовская ТЭЦ» ОАО «Нижегородская генерирующая компания» расположен на правом берегу реки Волга в городской черте города Нижний Новгород и имеет в своем составе четыре энергетических котла ТГМ- 84Б паропроизводительностью 420 т/час каждый и четыре паровые турбины: две - ПТ- 60 и две - Т-110. В качестве топлива используется природный газ и мазут.

Расположение Сормовской ТЭЦ в городской черте и в районе, насыщенном промышленными предприятиями, накладывает особые требования к величине вредных выбросов ТЭЦ с дымовыми газами. За время эксплуатации ТЭЦ поэтапно был внедрён целый ряд технических и организационных мероприятий, направленных на снижение вредных выбросов в атмосферу, таких как: переход на сжигание мазута с содержанием серы 2%, реконструкция уплотнений РВП с переходом на графитовые, уплотнение топок и газоходов котлов с целью уменьшения неорганизованных присосов и снижения избытков воздуха, а так же внедрение схемы МЭИ по впрыску воды в корень факела и мазутных форсунок ЦКТИ.



В 1997 году ОАО «Нижновэнерго» выиграло тендер на участие в программе Тасис.

Официально проект ERUS 9703 «Оптимизация работы Сормовской ТЭЦ» был начат 7 декабря 1998 года под руководством финской фирмы «FORTUM» с участием голландской фирмы «КЕМА» и немецкой фирмы «Иппо-Тес». Первоначально проект был рассчитан на два года, затем продлен до июля 2002года.

На рисунке изображена структурная схема измерений системы мониторинга вредных выбросов на котле и на общей дымовой трубе ТЭЦ.

Система мониторинга на котле имеет две отборные подсистемы, смонтированные на правом и левом газоходах котла, в котельном отделении перед регенеративными воздухоподогревателями.

Информация от анализатора по кабельной связи поступает в центр сбора, архивирования и отображения, расположенный на главном тепловом щите управления ТЭЦ. Там же находится интерфейс оператора, представляющий собой панель с сигнальной лампой состояния и аварийной сигнализации, а так же ручные переключатели, с помощью которых оператор может:

- выборочно отключить замеры данных во время работы,
- запустить калибровочный цикл,
- вывести нуль, либо изменить продолжительность режима калибровки,
- осуществлять надзор за состоянием системы измерений.

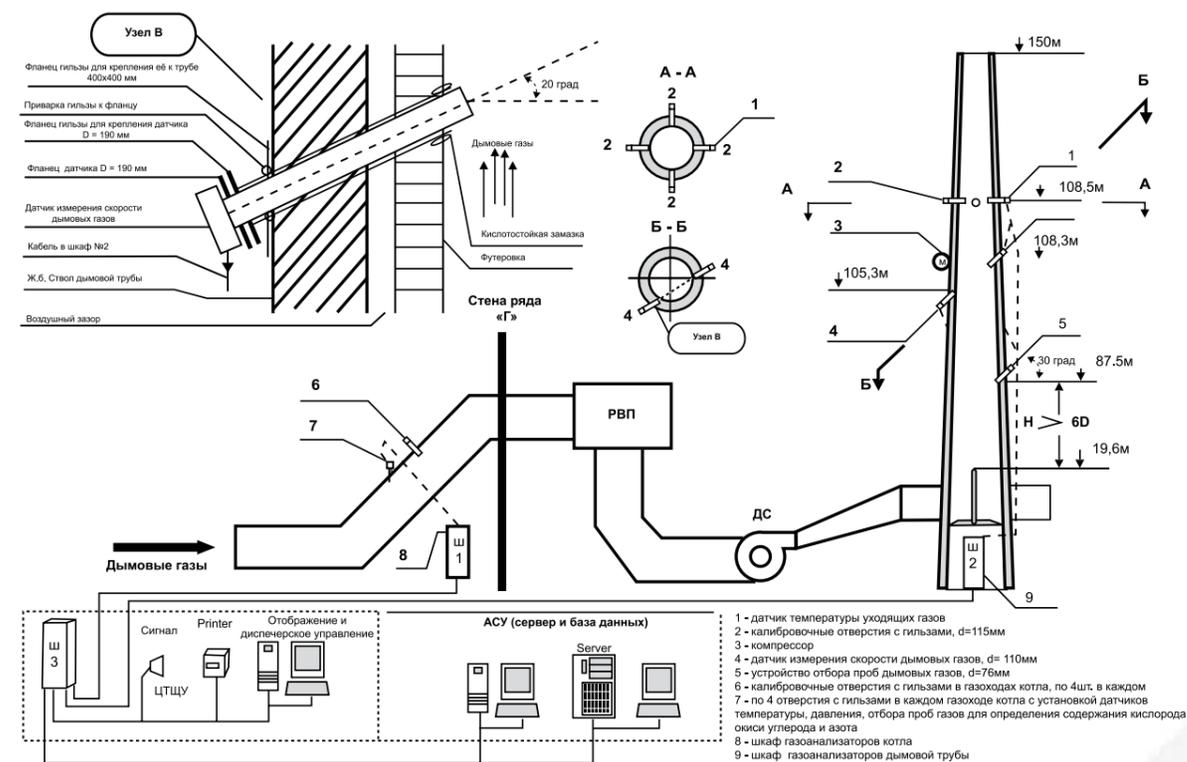
Мониторинг вредных выбросов на котле в начальный период планировалось использовать в качестве консультанта машинисту котла для грамотного ведения режима работы агрегата, а, в дальнейшем, как составная часть автоматики горения топлива.

Сравнение показателей по выбросам оксидов азота по данным мониторинга с расчетами по РД показывает разницу в 2.5 раза

Также наблюдается снижение выбросов оксидов серы. Это объясняется тем, что замеры содержания серы в мазуте делаются периодически, что и приводит к значительной погрешности расчета.

3. На НиГРЭС и ОАО «Дзержинская ТЭЦ» ведется работа по внедрению технологии АПКАРЕ при реконструкции установки обессоливания цеха

химоводоочистки. По расчетам внедрение этой технологии даст снижение расходов реагентов, воды и электрической энергии на собственные нужды, снижение эксплуатационных расходов, сокращение количества оборудования и стоков. Общая экономия годовых затрат по расчетам составляет – 2,8 млн.руб. в год, в том числе за счет сокращения количества стоков экономия составляет 235 тыс. руб./год.



Структурная схема измерений вредных выбросов с дымовыми газами.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ХИМЦЕХА ОАО «ПЕРМСКАЯ ГРЭС»

№ п/п	Наименование технологии, мероприятия	Год разработки, внедрения	Экологический эффект
1	Использование осветленной воды шламоотвала промстоков станции в цикле подготовки добавочной воды на ХВО по схеме: «Предочистка ВТИ-160 → МФ → Na I → Na II → БИУ1-3 (подпитка теплосети)»	2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Использование осветленной воды шламоотвала в системе оборотного водоснабжения в годовом объеме 60-80% от количества сбрасываемых на шламоотвал сточных вод.</li> <li>Ежегодное уменьшение потребления исходной воды из природного источника – Камского водохранилища от 10 до 17 %.</li> </ul>
2	Применение на схеме ВПУ «Предочистка ВТИ-400, ВТИ-160» флокулянта нового поколения типа «Праестол 2530» взамен геля ПАА.	2000 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>Улучшение качества коагулированной воды по содержанию железа – на 2,6 %, окисляемости -3 %.</li> <li>Стабилизация режима коагуляции позволила: <ul style="list-style-type: none"> <li>уменьшить размер непрерывной продувки с 3% до 1%;</li> <li>увеличить фильтроцикл на механических фильтрах и, как следствие, сократить количество взрыхляющих промывок механических фильтров (в 12 раз);</li> <li>сократить количество сточных вод ХВО.</li> </ul> </li> </ul>
3	Реконструкция склада кислоты	2002	<ul style="list-style-type: none"> <li>Установка взамен проектных баков хранения концентрированной серной кислоты напорных цистерн, герметичных, работающих под давлением, позволила исключить возможные аварийные выбросы и сбросы реагента в окружающую среду.</li> </ul>

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВОК ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И КОТЕЛЬНЫХ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СЕЛЕКТИВНОГО НЕКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ (СНКВ).

*В.В. Дикоп (ОАО «СМУЭК»), Ю.С. Ходаков (АООТ «ВТИ»), А.А. Алфеев (ОАО «Самара-энерго» Тольяттинская ТЭЦ)*

Техногенные оксиды азота, главным источником которых являются выбросы транспорта и теплоэнергетики, принадлежат к основным загрязнителям атмосферы крупных промышленных центров мира. В результате непосредственного и опосредованного воздействия на человека оксиды азота вызывают увеличение числа различных заболеваний, часто приводящих к весьма опасным осложнениям. Поэтому по инициативе общественности уже с конца 70-х годов в развитых странах проблема снижения выбросов  $NO_x$  была выдвинута на уровень национальных и решалась с привлечением государственного финансирования [1-3].

Нам удалось одними из первых в мире уже в 1984 г. разработать и ввести в эксплуатацию азотоочистную установку на двух энергетических котлах ТП-87, ст. №№ 7,8 Тольяттинской ТЭЦ с использованием оригинальной технологии селективного некаталитического восстановления оксидов азота аммиаком (СНКВ), пригодной к применению на котлах любой мощности [4]. Разрабатываемая за рубежом технология предназначалась к применению лишь на котлах малой и средней мощности.

В представленной работе приведены результаты разработки, опытной эксплуатации и совершенствования СНКВ-установок для ТЭС, что позволило:

- Обеспечить эффективность очистки дымовых газов от оксидов азота до 70 % в широком интервале паровых нагрузок котла.
- Оптимизировать технологическую схему установки, которая может быть использована при проектировании СНКВ-установок для любых котлов.
- Спроектировать и опробовать несколько типов конструкций устройств для раздачи аммиака, раз-

мещаемых в различных местах горизонтального газохода котла (в зоне температур 900 - 1100 °С), обеспечивающих заданное неоднородное распределение реагента по сечению, вытекающее из кинетических закономерностей процесса при учете локальных температур и линейных скоростей дымовых газов [5-7].

- Разработать и внедрить систему автоматического управления подачей аммиачной воды, конденсата и пара, обеспечивающую изменение дальности струй по поперечному сечению газохода при варьировании нагрузки котла и необходимое охлаждение раздающих труб [8].
- На основе сопоставления технико-экономических показателей разработанной технологии с другими, применяемыми на ТЭС, показать перспективность широкого применения разработанной СНКВ-технологии в теплоэнергетике.

### 1. Технологическая схема и система автоматического управления установкой.

Концептуально технологическая схема установки приведена на рис. 1.

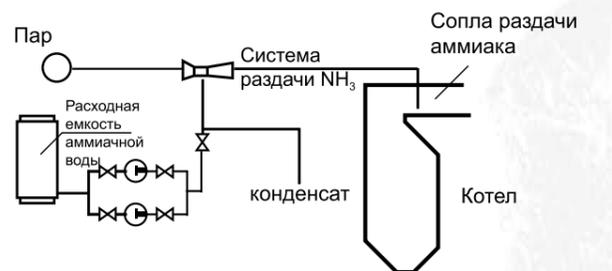


Рис. 1. Схема СНКВ-установки

По своему назначению оборудование СНКВ-установки может быть разделено на три основных технологических узла:

- склад хранения аммиачной воды, включающий стационарную емкость, находящуюся на удале-

нии от производственных помещений, и расходную емкость, размещенную рядом с котельным цехом.

- узел дозированной подачи реагентов. На схеме показано одно из проработанных технических решений, когда аммиачная вода, пар и конденсат смешивались и в парообразном состоянии подавались на раздачу в котел. Более совершенной оказалась схема с испарением конденсата и аммиачной воды непосредственно в раздающих трубах;
- узел раздачи смеси реагента по сечению котла. Для этой цели используются устройства, размещенные внутри газохода котла. За счет подачи вместе с аммиачной водой соответствующих количеств пара и конденсата обеспечивается необходимая дальнобойность струй и охлаждение используемых раздающих устройств до температур термической стойкости используемых материалов.

Разработанные способы раздачи аммиака, позволившие применять их на котлах любой мощности при минимизированных расходах пара и конденсата, защищены патентами [5-7].

Для полной автоматизации работы СНКВ-установок предусмотрены системы управления, обеспечивающие:

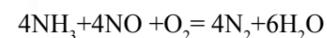
- периодическую подачу аммиачной воды из емкости для хранения в расходный бак;
- дозированную подачу аммиачной воды к системе раздачи аммиака; Регулятор выполнен по каскадной схеме и состоит из двух контуров регулирования:
  - быстродействующего исполнительного регулятора расхода аммиачной воды, управляющего регулирующим клапаном на линии подачи аммиачной воды.
  - задающего корректирующего регулятора, формирующего задание исполнительному регулятору по сигналу рассогласования между заданным и текущим значениями валовых выбросов  $\text{NO}_x$  и сигналам по концентрациям  $\text{O}_2$  и  $\text{NH}_3$  в уходящих газах.
- поддержание заданных параметров работы системы раздачи аммиака паром с учетом охлаждения устройств.

Используемый в установке способ автоматического управления, позволяющий поддерживать

необходимую эффективность очистки при заданном проскоке аммиака защищен патентом [8].

## 2. Физико-химические основы СНКВ-технологии.

В разрабатываемой технологии очистка дымового газа от  $\text{NO}_x$  происходит по реакции восстановления оксидов азота аммиаком:



Проведенное нами кинетическое моделирование процесса при изотермических условиях показало, что

- эффективность очистки с ростом температуры от 850 до 1150 °С проходит через максимум;
- проскок аммиака непрерывно падает с ростом температуры;
- время реакции, необходимое для обеспечения максимальной эффективности очистки, падает при повышении температуры;
- аммиака на нейтрализацию 1 моля оксидов азота, а следовательно, и мольное соотношение  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  в реакционной зоне возрастают с ростом температуры.

Из этих закономерностей следует, что для обеспечения высокой эффективности очистки по всему поперечному сечению газохода аммиак должен раздаваться по сечению неоднородно с учетом локальных температур и скоростей дымовых газов и их изменения при варьировании паровой нагрузки котла. К тому же необходимо учитывать, что из-за сравнительно малого времени пребывания аммиака в зоне реакции идеального смешения реагентов достичь не удастся и по технологическим соображениям проскок аммиака нормируется на уровне 10-20 млн<sup>-1</sup>.

Расход аммиака составляет менее 0,1% от расхода дымовых газов. Поэтому обеспечить его смешение с газом в газоходе большого поперечного сечения (площадью, например, для котла ТП-87 около 120 м<sup>2</sup>) можно только при использовании транспортирующего агента – пара или воздуха. Это позволяет увеличить дальнобойность струй, выходящих из отверстий раздающих труб. Нами в качестве транспортирующего агента был выбран

пар, так как это упрощает технологическую схему установки.

При освоении СНКВ-технологии были сопоставлены различные типы раздачи, отличающиеся местом размещения раздающих труб, дальнобойностью струй и их направлением по отношению к потоку газов.

В первом варианте системы раздачи обеспечивалось равномерное распределение аммиака по сечению газохода котла непосредственно перед раздающими трубами, где по тепловому расчету котла средняя температура 1000 °С.

Для этого струи направлялись поперек потока газа под углом  $\alpha=30^\circ$  вперед к плоскости поперечного сечения газохода. При выборе системы струй использовались эмпирические формулы для дальнобойности L струи в сносящем потоке и для диаметра D зоны ее смешения [9]:

$$L \approx 2d \sin \alpha \sqrt{\frac{\rho_c w_c}{\rho_r w_r}}, \quad D \approx 0,7L,$$

где d – диаметр струи на выходе из отверстия,  $\rho$  – плотность, w – скорость, индекс c относится к струе, индекс r – к газу.

$$\frac{x}{d} = \left( \frac{\rho_r w_r^2}{\rho_c w_c^2} \right)^{1/2} \left( \frac{y}{d} \right)^2 + \frac{y}{d} \text{ctg} \alpha$$

, где x – координата на оси струи по направлению скорости сносящего потока, а y – в перпендикулярном направлении. Специально проведенными лабораторными экспериментами была подтверждена их применимость при сверхзвуковых перепадах давления на отверстиях истечения.

С помощью этих формул отверстия в трубах были подобраны таким образом, чтобы зоны смешения струй заполняли все сечение газохода, причем соседние зоны смешения перекрывались, не менее чем на 1/3 их диаметра.

Была разработана компьютерная программа для расчета движения пара внутри обогреваемой снаружи раздающей трубы при движении по ней пара с переменным расходом и большой скоростью. Расчетами определялась температура наруж-

ной поверхности трубы. Расход пара выбирался не только по условию раздачи аммиака, но и для получения допустимой температуры стенки трубы, которая не должна была превышать 650 °С.

После проведения экспериментов на котле и выяснения фактического распределения температур в зоне раздачи аммиака было разработано предложение об усовершенствовании системы. Чтобы существенно снизить расход транспортирующего пара, обеспечить смешение в зонах с температурой, близкой к оптимальной, и одновременно улучшить условия охлаждения раздающих труб было предложено подавать аммиак влажным паром, то есть не испарять полностью аммиачную воду. При этом струи из отверстий направляются встречно по отношению к потоку газа.

Для подачи в каждую трубу одинакового расхода аммиачной воды и ее мелкого распыливания на входе в каждую трубу устанавливается сопловая вставка, в узком сечении которой достигается критическая скорость пара, а вода вводится ниже горла через отверстия малого диаметра.

Для расчета встречных струй использовались полуэмпирические соотношения [9]:

$$L \approx 2,75d\mu^*, \quad D \approx 2,4d\mu^*,$$

где .

$$\mu^* = \sqrt{\frac{\rho_c w_c^2 + p_c - p_r}{\rho_r w_r^2}}$$

Здесь учитывается отличие давления  $p_c$  в минимальном сечении струи от давления  $p_r$  в потоке газа.

В результате расчетов было подобрано распределение отверстий, обеспечивающее в зонах с пониженной температурой проникновение струй на 2-3 м вверх по потоку, где температура примерно на 200 °С выше. Имеется возможность увеличения дальнобойности за счет увеличения расхода пара, что необходимо при снижении нагрузки котла. Надежно обеспечивается также перекрытие соседних зон смешения на 0,4D.

Расчетами было подтверждено, что охлаждение труб влажным паром позволяет снизить их темпе-

ратуру по сравнению с охлаждением перегретым паром при уменьшении массового расхода в несколько раз.

**3. Техничко-экономические показатели СНКВ-технологии их сопоставление с другими, применяемыми на ТЭС.**

При опытной эксплуатации СНКВ-установок на Тольяттинской ТЭЦ получен большой экспериментальный материал по эффективности азотоочистки в зависимости от типа используемого топлива и режимов работы котла при использовании различных конструкций раздающих устройств.

Определены технико-экономические показатели (в ценах на 1.03.1999 года) для СНКВ – установок с тремя способами раздачи аммиачной воды по сечению котла:

- паровыми струями с предварительным испарением аммиачной воды;
- дымовым газом;
- паровыми струями при одновременной подаче в раздающие трубы аммиачной воды, конденсата и пара.

при техперевооружении электростанции с заменой основного оборудования и для действующей ТЭС. Расход реагентов и энергетические затраты определены для условий обеспечения нормативных выбросов оксидов азота при эффективности очистки 65 и 47 % при сжигании газа и угля соответственно.

Ниже приведены расчетные капитальные вложения (тыс. руб.) в сооружение установки СНКВ и их составляющие, которые практически не зависят от типа раздающего устройства.

На 1 кВт установленной мощности капвложения в новый котел составляют:  $K_n p = 30$  руб./кВт (электрической); при оснащении действующего котла —  $K_d p = 40$  руб./кВт.

Метод раздачи аммиака существенно влияет на величину эксплуатационных затрат. Наименее эко-

номично использование для этой цели пара, увеличивающего удельные затраты на 0,5—0,6 коп./кВт•ч. При использовании влажного пара удельные затраты возрастут всего на 0,1 коп./кВт•ч.

В итоге суммарные затраты на очистку от  $NO_x$  с достижением нормативных выбросов при минимальной банковской ставке составляют:

- при сжигании угля
- 0,23 коп./кВт•ч при раздаче аммиака без пара и
- 0,78 коп./кВт•ч при подаче в раздающие трубы перегретого пара.
- 0,38 коп./кВт•ч при подаче в раздающие трубы влажного пара.
- при сжигании газа
- 0,17 коп./кВт•ч при раздаче аммиака без пара и
- 0,72 коп./кВт•ч при раздаче паровыми струями;
- 0,32 коп./кВт•ч при подаче в раздающие трубы влажного пара.

При стоимости отпускаемой электроэнергии 30 коп./кВт•ч получаем, что использование СНКВ-азотоочистки приводит к удорожанию электроэнергии примерно на 0,8—2,6 % при сжигании угля и на 0,6—2,4 % при использовании в качестве топлива газа.

Разработанная технология пригодна для всех видов топлив. В отличие от топочных технологий СНКВ-установки полностью автоматизированы. Таким образом, применение СНКВ позволяет обеспечить заданный выброс  $NO_x$  даже при нештатном режиме эксплуатации котла.

В целом маневренность (за 5-10 мин после подачи реагента достигается заданная эффективность очистки), достаточно высокая эффективность очистки (до 70 %), малые металлоемкость и капитальные затраты, возможность размещения на любой ТЭС (необходима площадка только для склада с реагентом рядом с котельной), сочетаемость с топочными технологиями, возможность сооружения установок силами ТЭС и малый период останова котла для монтажа установки явля-

	Оборудование	Монтаж	Проект	Прочие	Всего ( $K_p$ )
Новый котел	1000	2200	220	180	3600
Действующая ТЭС	1000	3300	300	200	4800

ются безусловно неоспоримыми преимуществами по сравнению с широко используемой за рубежом и внедренной на 3 котельных установках России СКВ-технологией.

Использование СНКВ-технологии не осложняется выбросами других вредных веществ (закись азота, окись углерода, бенз(а)пирены), не приводит к снижению КПД котла, обусловленного продуктами недожога, что характерно для целого ряда топочных технологий.

Разработанная нами технология по сравнению с аналогичной, применяемой за рубежом, имеет более низкие эксплуатационные затраты в связи с использованием для раздачи меньшего количества пара и имеет более надежную систему раздачи аммиака. За рубежом из-за смещения температурного

«окна» процесса встраивается до 3 систем раздачи реагента, поочередно вводимых в эксплуатацию при изменении нагрузки котла. В нашей технологической схеме имеется лишь одно раздающее устройство, которое за счет изменения дальности струй обеспечивает близкую к изотермическому раздачу реагента даже при изменении нагрузки котла.

По материалам работы опубликовано 30 работ, включая 1 монографию (2 издания) и 5 патентов. Защищена 1 кандидатская диссертация. В 2004 году коллективу авторов присуждена Государственная премия в области науки и техники.

**ЭКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ВНЕДРЕННЫЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОАО «САРАТОВЭНЕРГО»**



**1. Саратовская ГРЭС**

**2001 год**

Завершен монтаж и введен в работу котлоагрегат ст.№ 1 с пониженным выходом окислов азота ( $NO_x$ ). Это достигнуто за счет установки на котле современных горелок производства ОАО «Белэнергомаш» типа ГМ-15 с регулируемым вращением периферийного, основного потоков воздуха, газов рециркуляции, а также применения двухступенчатого сжигания.

**2002 год**

Реконструкция схемы рециркуляции дымовых газов на КА ст.№ 4,5 с заведением их в воздуховоды перед горелками для подавления образования окислов азота ( $NO_x$ ).

Величина выбросов загрязняющих веществ по каждому из котлоагрегатов:

- до мероприятия :  $NO_2 = 3,57$  г/с  
 $NO = 0,58$  г/с
- после мероприятия :  $NO_2 = 2,14$  г/с  
 $NO = 0,35$  г/с
- Сокращение выбросов составило:  $NO_2 = 40$  %  
 $NO = 39,7$  %

Реконструкция схемы рециркуляции дымовых газов для подавления образования окислов азота проводилась под руководством специалистов Саратовского Государственного Технического университета подрядчиком – ОП «СПИП» ОАО «Саратовэнерго».

**2004 год**

Реконструкция схемы впрыска питательной воды на КА ст. № 7 с подведением впрыска в зону горения котла для снижения образования окислов азота ( $NO_x$ ).

- Величина выбросов загрязняющих веществ:
- до мероприятия :  $NO_2 = 4,079$  г/с  
 $NO = 0,663$  г/с
- после мероприятия :  $NO_2 = 2,447$  г/с  
 $NO = 0,398$  г/с
- Сокращение выбросов составило:  $NO_2 = 40$  %  
 $NO = 40$  %



котлов газами и, как следствие, снизить валовые выбросы и годовые платежи за них.

## 2. Балаковская ТЭЦ

В химическом цехе филиала «Балаковская ТЭЦ – 4» ОАО «Саратовэнерго» фильтрующий материал Амберлайт IRA – 120 загружен в Н – катионитный фильтр первой ступени №3 (ХВО – 1) и фильтр Na подпитки № 4А (ХВО – 1).

Применение Амберлайта IRA – 120 в Н – катионитном фильтре первой ступени №3 (ХВО – 1) (вместо загруженного ранее в данный фильтр сульфогля) позволило увеличить фильтроцикл с 1100 м<sup>3</sup> до 1500 м<sup>3</sup>, уменьшить количество регенераций фильтра за год со 160 до 120. Соответственно объемом сточных вод уменьшился на:

$$160 \times 130 - 120 \times 130 = 20800 - 15600 = 5200 \text{ м}^3.$$

(Объем сточных вод при регенерации одного фильтра составляет 130 м<sup>3</sup>: взрыхление 30 м<sup>3</sup> + пропуск регенерационного раствора 20 м<sup>3</sup> + отмывка 80 м<sup>3</sup>).

Применение Амберлайта IRA – 120 в фильтре Na подпитки № 4А (ХВО – 1) (вместо загруженного ранее в данный фильтр Вофатита KPS) позволило уменьшить количество регенераций фильтра за год со 39 до 25 (расходомер на фильтре отсутствует). Соответственно объем сточных вод уменьшился на:

$$39 \times 130 - 25 \times 130 = 5070 - 3250 = 1820 \text{ м}^3.$$

(Объем сточных вод при регенерации одного фильтра составляет 130 м<sup>3</sup>: взрыхление 30 м<sup>3</sup> + пропуск регенерационного раствора 20 м<sup>3</sup> + отмывка 80 м<sup>3</sup>).

Суммарное снижение объема сточных вод составляет:

$$5200 + 1820 = 7020 \text{ м}^3.$$

Реконструкция схемы впрыска питательной воды для подавления образования окислов азота на КА ст. № 7 проводилась по расчётам специалистов филиала «Саратовская ГРЭС» подрядчиком - филиал «СПРП» ОАО «Саратовэнерго».

### 2005 год

Реконструкция схемы впрыска питательной воды на КА ст. № 6,8 с подведением впрыска в зону горения котла для снижения образования окислов азота (NO<sub>x</sub>).

Величина выбросов загрязняющих веществ на котлоагрегате ст.№6:

- до мероприятия :	NO <sub>2</sub> = 4,079 г/с
	NO = 0,663 г/с
- после мероприятия :	NO <sub>2</sub> = 2,447 г/с
	NO = 0,398 г/с
- Сокращение выбросов составило: NO <sub>2</sub> = 40 %	
	NO = 39,7 %

Величина выбросов загрязняющих веществ на котлоагрегате ст.№8:

- до мероприятия :	NO <sub>2</sub> = 6,162 г/с
	NO = 1,001 г/с
- после мероприятия :	NO <sub>2</sub> = 3,697 г/с
	NO = 0,6 г/с
- Сокращение выбросов составило: NO <sub>2</sub> = 40 %	
	NO = 40 %

Реконструкция схемы впрыска питательной воды для подавления образования окислов азота на КА ст. № 6,8 проводилась по расчётам специалистов филиала «Саратовская ГРЭС» подрядчиком - филиал «СПРП» ОАО «Саратовэнерго».

Внедрение данных мероприятий позволяет сократить выброс окислов азота с отходящими от

## СВЕРДЛОВСКИЙ ФИЛИАЛ ОАО «ТГК-9

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ, ЭКОНОМИЧНОЕ СЖИГАНИЕ ГАЗА И МАЗУТА НА КОТЛАХ СТАРЫХ ЭНЕРГООБЛОКОВ

*В.Н. Потапов ( УГТУ-УПИ), И.В.Байдаров, В.С. Стадничук (Свердловский филиал ОАО «ТГК-9»)*

Двухкорпусные газомазутные котлы типа ПК-47 энергоблоков 200 МВтэ Верхне-Тагильской ГРЭС (ВТГРЭС) не имеют обычных на котлах средств для снижения выбросов оксидов азота NO<sub>x</sub> - рециркуляции дымовых газов через горелки или схем двухстадийного сжигания со сбросом части воздуха мимо горелок. Поэтапная реконструкция горелок этих котлов ВТГРЭС, организация оптимальных режимов горения обеспечили эксплуатацию с низкими уровнями концентраций NO<sub>x</sub> в дымовых газах при предельно низких избытках воздуха за топкой и минимальной химической неполноте сгорания. При номинальной нагрузке котлов на природном газе получены стабильные концентрации NO<sub>x</sub> в дымовых газах 115-125 мг/нм<sup>3</sup> (приведено к содержанию O<sub>2</sub> в дымовых газах 6%). Причем такая величина концентраций NO<sub>x</sub> имела место при сжигании газа, предварительно подогретого деаэрационной водой в среднем до 130-135 °С. Снижение нагрузки котла на 10-15% ниже номинала уменьшает концентрации NO<sub>x</sub> в дымовых газах до 100 мг/нм<sup>3</sup> и ниже. Химическая неполнота сгорания газа при этом в 8-10 раз ниже норматива действующего российского стандарта на котлы (ГОСТ Р 50831-95), который допускает концентрации СО в газах до 300 мг/нм<sup>3</sup>. В отдельных режимах сжигания на котлах мазута концентрации NO<sub>x</sub> в продуктах сгорания за топкой составляли около 160-180 мг/нм<sup>3</sup>.

Такой достаточно высокий и стабильный уровень экологической безопасности специалисты Свердловского филиала ОАО «ТГК-9» (ранее Свердловэнерго) и ВТГРЭС получили внедрением нестехиометрического сжигания по простейшей схеме. Для этого при совершенствовании сжигания газа и мазута были решены одновременно две задачи. Во-первых, на котлах ПК-47 было получено первичное сжигание топлива в приосевых (центральных) областях индивидуальных факелов горелок при локальных избытках воздуха, примерно

равных лишь 0,4-0,7. Далее обеспечено дожигание промежуточных продуктов сгорания на периферии тех же индивидуальных факелов горелок при значениях локальных избытков воздуха, примерно равных 0,8-0,9, как на периферии факелов, так и в нижней части топок котлов. Перед экономайзером в газоходе избытки воздуха обычно не превышают значений, равных 1,02.

Эта схема сжигания природного газа была первоначально рассмотрена на кафедре ТЭС УГТУ-УПИ в начале 80-х годов и была проанализирована с точки зрения устранения причин, препятствующих ее реализации на котлах ПК-47 ВТГРЭС. Одновременно сотрудниками кафедры ТЭС был сформулирован ряд общих принципов создания горелок экологически безопасного сжигания. Из их числа можно выделить основные, которые были реализованы в ходе последней реконструкции горелок котлов ПК-47 ВТГРЭС. Во-первых, горелки должны быть вихревыми с пониженной интенсивностью крутки формируемого потока, на пределе по условиям обрыва такого факела повышенной длины и объема. Во-вторых, горелки обязательно должны иметь дополнительные средства для повышения надежности стабилизации горения при работе на пониженной крутке воздушного потока, формируемого горящий факел. Дополнительный набор разнообразных приемов должен сформировать факел специфической структуры, с интенсивным турбулентным тепло-массопереносом в области воспламенения топлива, на оси факела по его длине, а также на его периферии, где происходит дожигание промежуточных высокотемпературных продуктов сгорания. Особо подчеркнем необходимость дополнительной турбулизации дальних периферийных зон факелов, что лучше всего обеспечивается схемой встречно-несоосного (перчаточного) размещения горелок на стенах топки.

Успех работы был основан на результатах поэтапной реконструкции всех горелок и топок котлов. Первоначально топки и горелки котлов ПК-47 были реконструированы по проекту УО ОРГЭС

на базе рекомендаций ЦКТИ с установкой упрощенных горелок инженера Ф.А.Липинского. Такие горелки были размещены на стенах топков по встречно-несоосной схеме. Позже эти же горелки были повторно реконструированы по проекту кафедры ТЭС УГТУ-УПИ для устранения препятствий к поддержанию более эффективной схемы сжигания топлив. Для этого на горелках котлов ПК-47 по проекту кафедры ТЭС внедрена оригинальная схема дополнительной струйной турбулизации области смешения топлива с воздухом до и после первичного воспламенения топлива с подводом к ней дополнительного воздуха (см. рис.1).

Одновременно предложенная в проекте кафедры ТЭС схема обеспечила подмешивание небольшой части воздуха к газу на выходе из горелки перед его воспламенением. Перфорация выходной части конуса горелки, разделяющего закрученный и незакрученный воздушные потоки (на рис.1 не показана), по мнению разработчиков обеспечивает дополнительную турбулизацию области взаимодействия двух основных периферийных воздушных потоков и защищает одновременно этот выходной конус горелки от обгорания.

По проекту кафедры ТЭС на горелках котлов ПК-47 была впервые внедрена новая оригинальная схема струйной стабилизации горящего факела пониженной крутки или центральной части формирующего его воздушного потока. Суть новой схемы струйной стабилизации состоит в организации струйного радиального вдува части воздуха от оси к периферии основного потока воздуха, внешне имитировавшего установку на выходе из горелки в результирующем воздушном потоке традиционного металлического конуса, или плохообтекаемого тела. Струйная стабилизация может быть эффективнее установки традиционного выходного конуса-рассекателя, так как по данным специалистов кафедры ТЭС струйный вдув воздуха в закрученный воздушный поток обеспечит более значительное увеличение значений тех турбулентных характеристик, которые отвечают за смесеобразование в факеле, по сравнению с воздействием на тот же воздушный поток обычного конуса-рассекателя. Причем использование струйного радиального вдува возможно без увеличения аэродинамического сопротивления горелки, а струи вдува, в отличие от конуса, не изнашиваются, не горят и сохраняют

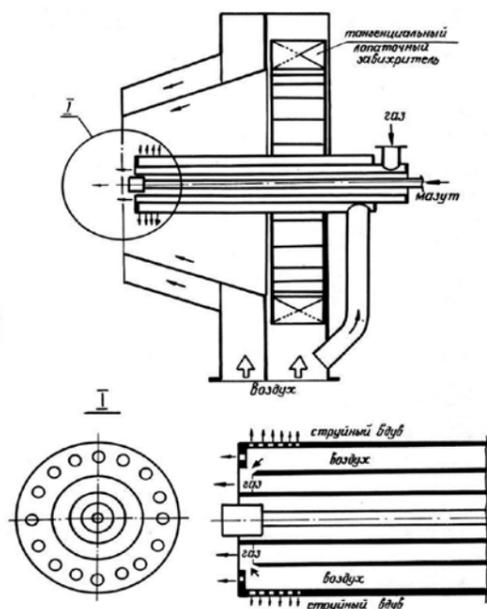


Рис.1. Принципиальная схема реконструкции горелок котлов ПК-47 по проекту кафедры ТЭС УГТУ-УПИ

свою «форму» независимо от продолжительности работы горелки или вида сжигаемого топлива.

Все показанные струйные схемы реализуют в совокупности следующие принципы воздействия на формирование горящего факела:

- Местная струйная турбулизация воздуха, газа перед и во время перемешивания и воспламенения.
- Предварительной подмешивание части воздуха к газу перед воспламенением.
- Небольшое снижение результирующей крутки факела, создаваемого горелкой.
- Дополнительная струйная стабилизация факела при снижении крутки факела с дополнительной турбулизацией центрального, а также периферийного воздуха на выходе из горелки при взаимодействии двух его внешних потоков.

Помимо организации эффективной схемы экономичного и экологически безопасного сжигания газа и мазута все разработанные и внедренные при последней реконструкции горелок меры дополнительно предусматривали устранение на горелках всех котлов ПК-47 ВТГРЭС любых явлений обгорания, износа и разрушения конструкций горелок в длительной эксплуатации. Это обеспечило полное и точное сохранение новой аэродинамической схемы и настройки режимов горения реконструированных горелок котлов независимо от режимов их эксплуатации и от вида сжигаемого топлива.

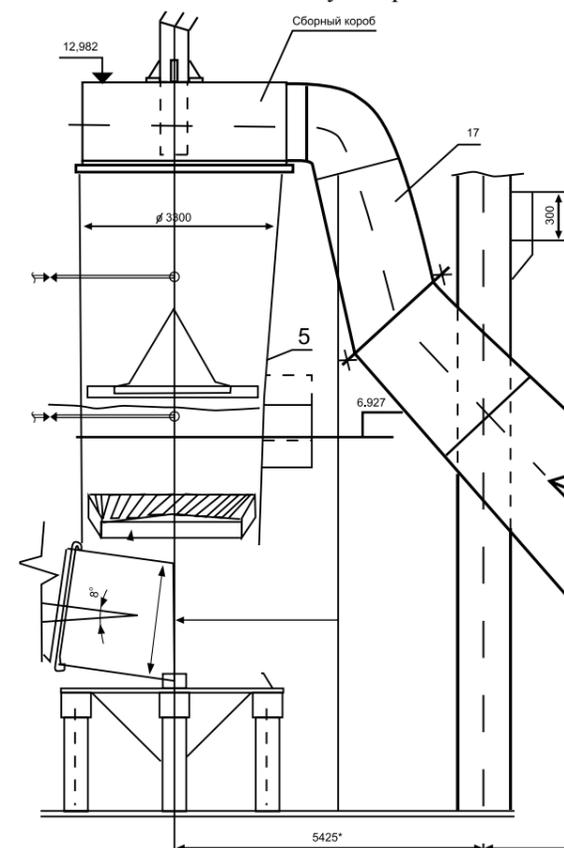
## НОВЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ КОНИЧЕСКИЙ ЭМУЛЬГАТОР

Г.Н.Корелкин  
(Свердловский филиал ОАО «ТГК-9»)

Новый тип эмульгатора – кольцевой конический является дальнейшим развитием конструкции аппаратов эмульсионной очистки, позволяющим увеличить надежность и эффективность их работы.

Кольцевые конические эмульгаторы введены в эксплуатацию на Красногорской ТЭЦ ОАО «Свердловэнерго» (ныне ОАО «ТГК-9») в октябре 2003 г. после реконструкции двухступенчатой золоулавливающей установки котла ТКП-3 (ст.№4), которая ранее включала батарейные циклоны и скрубберы МП-ВТИ. Проведенная реконструкция позволила в 8,2 раза снизить выбросы золы при сжигании высокозольного экибастузского угля.

Работающие в агрессивной среде основные внутренние узлы эмульгаторов: инициаторы эмульгирования (завихрители), каплеуловители, трубы орошения и ряд других узлов выполнен из сплава титана ВТ1-0. Эти узлы размещены в че-



тырех футерованных корпусах. В качестве нижней половины корпусов эмульгаторов использованы цилиндрические корпуса скрубберов МП-ВТИ. Верхняя часть каждого корпуса выполнена конической с увеличенным выходным диаметром для предотвращения брызгоуноса из аппаратов и оборудована центробежным лопаточным каплеуловителем.

Золоулавливающая установка оснащена системой автоматического регулирования температуры очищенных газов путем присадки горячего воздуха, отбираемого после второй ступени воздухоподогревателя котла. Авторегуляторы обеспечивают поддержание во всем диапазоне нагрузок требуемого уровня (70 °С) температуры газов за золоулавливающей установкой, ее колебания при этом не превышают ±1 °С.

Выполнена также система автоматического регулирования аэродинамического сопротивления эмульгаторов, позволяющая интенсифицировать аэродинамический режим их работы при минимальных нагрузках котла.

Конструкция золоулавливающей установки обеспечивают сепарацию крупнофракционной золы в нижней части аппаратов, предотвращая эрозионный износ внутренних узлов.

Как показали проведенные испытания, кольцевые конические эмульгаторы обеспечивают степень очистки газов от золы на уровне 99,2 % при аэродинамическом сопротивлении золоулавливающей установки 160 кгс/м<sup>2</sup>. Возможно дальнейшее увеличение степени очистки газов за счет интенсификации аэродинамического режима аппаратов после увеличения напора существующих дымососов. Об этом свидетельствуют данные испытаний подобного эмульгатора, установленного за котлом Е-50 (ст.№1) Артемовской ТЭЦ ОАО «ТГК-9», который обеспечивает степень очистки газов от золы на уровне 99,5÷99,7 % при увеличенном до 190 кгс/м<sup>2</sup> аэродинамическом сопротивлении золоулавливающей установки.

В кольцевых эмульгаторах, как показали проведенные измерения, производится частичная очистка дымовых газов от диоксида серы на уровне 4÷21 %. Степень очистки в основном зависит от

содержания в золе свободной окиси кальция. Существенно увеличить степень очистки газов от SO<sub>2</sub> может позволить подача в эмульгаторы щелочных растворов.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА БОРЬБЫ С ЗАРАСТАНИЕМ И ЦВЕТЕНИЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ СРЕДНЕГО УРАЛА

*Э. Л. Зубарева, В. П. Злодеев (СУГРЭС), Свердловский филиал ОАО «ТГК – 9»*

На Урале насчитывается около 25 водохранилищ-охладителей, принадлежащих различным промышленным предприятиям – энергетическим, металлургическим и др. Из них семь, расположенных в Свердловской области, используются для охлаждения агрегатов тепловых станций – ГРЭС и АЭС: Исетское, Рефтинское, Нижнетуринское, Верхнетагильские (№ 1 и № 4), Вогульское и Белоярское. Повышенная температура воды (на 5-7 °С) по сравнению с водоемами с естественным температурным режимом способствует интенсивному развитию в охладителях как высшей водной растительности – макрофитов (тростника, рогозы, элодеи, рдеста и др.), так и низшей водной растительности – водорослей (фитопланктона). Высшая водная растительность сокращает активную зону охлаждения водохранилищ-охладителей, вызывает забивание решеток и сеток циркуляционных систем, ухудшает работу циркуляционных насосов; развитие низшей водной растительности, часто вызывающее «цветение» воды, снижает эффективность работы охладителей за счет загрязнения водоприемных устройств и теплообменных агрегатов.

Само по себе размножение водорослей как естественный биологический процесс, на первый взгляд, не должно настораживать, так как они играют важную положительную роль в процессах самоочищения водоема. Однако, развиваясь в огромном количестве, «цветущие» водоросли, в особенности сине-зеленые, делают воду непригодной для питья, выделяя токсические вещества, губительно дей-

ствующие на рыб и способствующие возникновению желудочно-кишечных заболеваний у животных, а подчас и у человека, придают воде неприятный вкус и запахи, ухудшая качество воды (увеличивается БПК<sub>5</sub>, рН, растет перманганатная окисляемость, снижается прозрачность), то есть водоросли из фактора самоочищения превращаются в фактор самозагрязнения (биологического загрязнения). А на тепловодных-садковых хозяйствах (расположенных на охладителях) при высокой концентрации рыб на одном квадратном метре в садках в результате самоинтоксикации при повышенных показателях рН (до 8-10 при «цветении» воды) наблюдаются язвы на теле, наросты на плавниках, «дырки» (отверстия) на жаберных крышках. Рыба теряет товарный вид, плохо растет, часто гибнет.

Для борьбы с водной растительностью применяют механический, химический и биологический методы. Два первых кратковременны, требуют повторения несколько раз за один вегетационный период, очень трудоемки, а второй – еще и небезопасен для живых организмов водоема, а так же для человека. Более эффективный метод, действующий на протяжении нескольких десятилетий, – это биологический, который предполагает использование плавающих биофильтров, вселения растительноядных рыб и др. Из растительноядных рыб – белый амур питается высшей водной растительностью, белый толстолобик – низшей (фитопланктоном).

С помощью белого амура биологический метод очистки водохранилищ-охладителей был эффективно внедрен на Среднем Урале – в Свердловской области – в 60-х – начале 70-х годов на Средне-

уральской, Верхнетагильской ГРЭС и Верх-Нейвинском ВПК. Площадь зарастания на охладителе СУГРЭС (Исетском водохранилище) – снизилась с 15 до 4 %, на охладителях ВТГРЭС (Верхнетагильских № 1 и № 4 и Вогульском) – с 25-26 до 2-0,3 %, Верх-Нейвинском – с 30 до 0,2 %, то есть за один-два года проблема на них практически была решена, и до сих пор этот вопрос вновь не поднимался, за исключением Верхнетагильского № 1, где площадь зарастания увеличилась ненамного – до 4 %, но по биомассе с 1 кв. метра – с 3 кг до 12-20 кг за счет появившейся «водяной чумы» – элодеи – вместо рдестов, урути, гречиши. Поэтому сюда в 2004 году произведено вселение белого амура.

Для борьбы с «цветением» воды не удается применить белого толстолобика из-за отсутствия достаточного количества посадочного материала, в связи с чем Среднеуральская ГРЭС пошла по иному пути улучшения качества воды (но также биологическому) – за счет снижения количества фитопланктона с помощью плавающего биомодуля, установленного в сбросном канале ГРЭС. Он впервые не только на Урале, но и в России (а, мо-

жет, и в мире) был построен на теплых водах СУГРЭС в 1999 году.

Принцип работы плавающего биомодуля основан на снижении питательных веществ (азота и фосфора) для фитопланктона за счет утилизации их конкурентами – посаженными на модуле макрофитами (манником, тростником, эйхорнией и др.) и перифитоном (обрастаниями подводных частей биомодуля сообществами водных организмов), а также за счет концентрации фитопланктона в углу сгона, откуда его регулярно удаляют (пока вручную). Фитопланктон перед биомодулем поднимается на поверхность и сгоняется к левому берегу, образуя, так называемый, угол сгона, пятно «цветения». В 2003 году в работу биомодуля включили рыбофильтр из толстолобиков (см. рис.1).

Биомодуль представляет собой плавучую конструкцию – понтон, металлические корзины-биофильтры для заселения макрофитов (в основном манника и эйхорнии) и сетчатые садки для содержания растительноядных рыб (толстолобиков). Модуль шириной 6 метров и длиной 100 метров при ширине канала 80 метров перегораживает его

Таблица. Изменение биомассы фитопланктона после биомодуля в сбросном канале СУГРЭС.

Год	Биомасса	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее за сезон
2000	мг/л	-	<u>6.0</u> 1.0	<u>0.7</u> 0.8	<u>2.9</u> 1.8	<u>14.4</u> 2.6	<u>5.1</u> 2.0	<u>8.85</u> 1.7
	± % изм.	-	-82.3	+16.3	-38.5	-81.5	-60.7	-80.7
2001	мг/л	-	-	<u>10.3</u> 0.9	<u>191.5</u> 9.1	<u>54.3</u> 6.05	<u>49.2</u> 1.6	<u>76.3</u> 4.4
	± % изм.	-	-	-91.0	-95.2	-88.9	-96.7	-94.2
2002	мг/л	<u>97.1</u> 1.2	<u>9.7</u> 8.1	<u>71.5</u> 4.4	<u>11.1</u> 9.4	<u>3.4</u> 2.9	<u>3.4</u> 2.8	<u>32.7</u> 4.8
	± % изм.	-98.7	-16.2	-93.2	-15.8	-14.9	-16.2	-85.3
2003	мг/л	<u>586.5</u> 2.8	<u>228.3</u> 14.9	<u>39.7</u> 1.0	<u>992.0</u> 8.5	<u>57.2</u> 1.6	<u>20.9</u> 3.3	<u>320.8</u> 5.4
	± % изм.	-99.5	-93.5	-97.4	-99.1	-97.1	-84.1	-98.3
2004	мг/л	<u>639.4</u> 1.2	<u>313.2</u> 8.0	<u>102.7</u> 6.4	<u>99.6</u> 5.4	<u>144.9</u> 8.4	<u>35.3</u> 5.2	<u>222.5</u> 5.8
	± % изм.	-99.8	-97.4	-93.8	-94.5	-94.5	-85.3	-97.4

Примечание: В числителе – биомасса (мг/л) до биомодуля в углу сгона. В знаменателе – после биомодуля.

полностью под углом 60° к левому берегу. Снижение биомассы фитопланктона после модуля идет за счет его высокой концентрации в углу сгона, перехода его в перифитон, заселяющий все его подводные части, и за счет выедания его рыбами в садках (при этом к осени получается отличная рыбопродукция).

В 2000 году, когда биомодуль не был еще заселен макрофитами и рыбой, только за счет угла сгоны и перифитона снижение биомассы фитопланктона в среднем за сезон составило 80,7 % (см. таблицу); всего было убрано вручную 13 тонн сырой массы водорослей.

В 2001 году уже при заселении макрофитов снижение биомассы фитопланктона в течение вегетационного периода колебалось от 88,9 до 96,7 % (см. таблицу); в среднем за сезон было убрано 18 тонн. В 2002 году (лето было очень холодным) только ранней весной – в апреле наблюдалась высокая концентрация фитопланктона (до 97,1 мг/л), и снижение его достигало 98,7 % (см. таблицу). Всего за сезон было убрано 32 тонны.

В 2003 году, включая работу рыбофильтра, в среднем за сезон снижение биомассы фитопланктона после биомодуля (по сравнению с углом сгона) составило 98,3 % (с 320,8 до 5,4 мг/л). Всего было убрано 45 тонн сырой массы водорослей. Причем, из основных групп фитопланктона в сгоне преобладали всегда сине-зеленые, которые в основном и вызывают «цветение» водоемов (например, в 2003 году процент их встречаемости с июня по сентябрь колебался от 60,2 до 82,5; в то время, как диатомовые и зеленых не превышал 28,5, то есть они транзитом проходили под понтоном биомодуля – это тоже один из положительных моментов его работы, так как они в основном участвуют в самоочищении водоемов.

Работа биомодуля в 2004г. по снижению численности и биомассы фитопланктона вписывалась в тенденцию предыдущих лет – снижение численности за счет угла сгона составило 96,9%, биомассы – 97,4%. Всего убрано около 50 т сырой массы фитопланктона. Но, несмотря на это, развитие фитопланктона в Исетском водохранилище было необычайно сильное: в среднем по водохранилищу за сезон биомасса достигала 9,07мг/л. Это связано с жарким летом, солнечной радиацией, а главное с тем, что озеро мелководное, хорошо про-

греваемое, температура воды на канале достигала 37 °С, в водохранилище -37 °С.

Однако, высокая биомасса фитопланктона в водохранилище вызывалась развитием диатомовых (60-84%) или пиропитовых (до 47%) водорослей, характерных для водоемов чистых или средне загрязненных вод. Синезеленые водоросли, наоборот, не превышали 26% от общей массы (в мае их биомасса по озеру составила 3,1%, в июне - 6,4%, в июле - 23,3%, в августе – 23,3%, в сентябре - 26,3%. Считаю, что это результат «работы» биомодуля, где в основном, именно они задерживаются в углу стока (до 90 и более процентов) с последующим удалением.

Прямая связь развития синезеленых водорослей с активной реакцией среды (рН) четко просматривалась на примере проб, отобранных в июле :в устье сбросного канала и устье реки Черной при биомассе этих водорослей 0,77-0,7 мг/л (или 12,0-10,6% от общей биомассы фитопланктона) показатель рН был низкий 6,8-6,7 соответственно; в то время, как в центре озера, у водозабора и у плотины при биомассе синезеленых водорослей 2,86 мг/л (или 30,2% от общей биомассы), 2,28мг/л (или 21,1%) и 2,96мг/л (или 17,4%) соответственно рН-8.1, 8.4, 8.3.

В среднем за сезон 2004г. снижение биомассы фитопланктона после биомодуля в сбросном канале составило 36,2%, что несколько выше, чем в 2000 и 2003гг. (33,8 и 32,2% соответственно) и значительно выше, чем в 2001г., когда оно равнялось 23,1%, то есть снижение фитопланктона без рыбофильтра (до 2003г.) было ниже, чем два последних года с рыбофильтром.

Благодаря сформировавшемуся биоценозу на биомодуле (макрофитам, фитопланктону в углу сгона, перифитону, утилизирующим органические и биогенные вещества), наблюдалось улучшение качества воды в сбросном канале и по гидрохимическим показателям: например, в 2000 году содержание азота и фосфора уменьшалось до 50 %, нефтепродуктов – до 98-100 %, показатели БПК5 снижались на 72 %, индекс сапробности – на 70 %. Это не могло не сказаться и на качестве Исетского водохранилища: судя по индексу сапробности (от 6,5 до 17,1 %, по годам), органическое загрязнение являлось результатом внутриводоемных процессов или слабого поступления извне.

Таким образом, на водохранилищах-охладителях ОАО Свердловэнерго за последние сорок лет для улучшения качества воды довольно эффективно используется биологический способ борьбы с их зарастанием и «цветением» воды как основных источников органического загрязнения – вселение

растительных рыб (белого амура) и трехступенчатый плавающий биомодуль (сгон фитопланктона, макрофиты и рыбофильтр). Впервые они были применены на Среднеуральской ГРЭС.

## ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НА ОАО «СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГРЭС» В 2001-2005 ГОДАХ.

1. В соответствии с графиком ремонтов основного оборудования выполняется замена асбесто-содержащих изоляционных материалов на базальтовые, что позволяет уйти от экологически вредного асбеста и одновременно уменьшить тепловые потери.
2. Выполнение комплекса работ по экологическому оздоровлению Новотроицкого водохранилища (пруд охладитель):
  - очистка от иловых отложений с помощью земснаряда позволила;
  - зарыбление водохранилища с целью восполнения ихтио-фауны видами рыб способными в виде пищи поглощать водную растительность, фитопланктон и различные виды моллюсков. Этот комплекс работ позволяет получить следующие результаты:
    - а) снижение до минимума наличие водной растительности по всей акватории водохранилища, что способствует наиболее эффективному водообмену сбрасываемых со станции нагретых вод по всей акватории и полному отсутствию зарастания оборудования различными видами моллюсков;
    - б) улучшить качество исходной воды для приготовления питьевой воды для пяти районов Ставропольского края;
    - в) ежегодно увеличивать полезный объем водохранилища, что в свою очередь позволяет снизить температуру воды в озере в летние время, повысив тем самым экономичность работы электростанции.
3. Применение высокогерметичных уплотнений

штоков регулирующих клапанов высокого давления турбины (ВГУ РК ВД ТГ). Отсосы со штоков РК ВД на энергоблоках, где установлены ВГУ, отглушены, и пар из котла в 100% количестве подаётся в ЦВД турбины.

Это позволяет дополнительно выработать в год на одном энергоблоке 5 600 000 кВт-часов или сэкономить 1 860 туг.

4. Режим минимального дросселирования (или работа блока с пониженным давлением). Суть этого режима в понижении давления пара за котлом при нагрузках 150-200 мВт соответственно до 135-175 кгс/см<sup>2</sup> вместо традиционных 190-215 кгс/см<sup>2</sup>. При этом меньше пара потребляет турбопривод питательного насоса, и увеличивается температура пара в камере за регулирующей ступенью из-за меньшей дросселиции на РК ВД.

В год на одном энергоблоке с внедрённым режимом минимального дросселирования экономится 1350 туг.

5. В 2005-2006 годах планируется ввести в работу в схемах подготовки химобессоленной воды установки с использованием технологии обратного осмоса. Данный метод позволяет на 75% снизить использование на станции кислот, щелочей и аммиака, так как все эти реагенты в конечном итоге со сбросными водами попадают в водохранилище.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОРАШ-технология системы предварительной очистки воды

### I. Описание проекта реконструкции предпочистки ХВО ОАО «Ставропольская ГРЭС»

#### 1.1. Общая постановка задач по реконструкции и модернизации водоподготовительных установок Ставропольской ГРЭС

Технические решения по существующим водоподготовительным системам Ставропольской ГРЭС на сегодняшний день не отвечают высоким экологическим и экономическим требованиям РД, СНиП и СанПиН в силу того, что в основу первоначальных проектов РОТЭП были заложены технологии 50-х годов XX –ого века. Экологическая ситуация дополнительно осложняется тем обстоятельством, что сам объект расположен в природоохранной зоне Новотроицкого водохранилища. Исходя из реальной ситуации, перед техническим руководством Ставропольской ГРЭС стоит чрезвычайно сложная задача по снижению экологического воздействия на природоохранную зону и неуклонной минимизации загрязнения водной среды. Поэтому техническая политика предприятия в этом аспекте строится с учетом сложившегося алгоритма внедрения новых технологий:

- к реализации принимаются экономически и экологически обоснованные технические и схемные решения по модернизируемым и реконструируемым системам ВПУ, ВХР и ВОЦ;
- при выполнении плановых мероприятий программы техпереворужения предусматривается только комплексный подход к решению технических (технология и управление процессами) и экологических задач водообеспечения-водоотведения объекта и поддержание водно-химических режимов теплосилового оборудования на уровне требований ПТЭ, ГГТН и отраслевых РД;
- внедряемые технологии должны отличаться высокой надежностью, экономической эффективностью, экологичностью, простотой обслуживания и ремонтпригодностью, а создаваемые технологические комплексы должны обеспечиваться высоко адаптированными системами

АСУ ТП и требуемого уровня информативности и управления производственными процессами водообеспечения-водоотведения. Исполнительный директор

#### 1.2. Программа реализации экологически чистых и высокоэффективных технологий водоподготовительных систем и совершенствования водно-химических режимов теплосилового оборудования ОАО «Ставропольская ГРЭС»

По состоянию на 01.07.05 года на Ставропольской ГРЭС сформирован первоочередной план реализации высокоэффективных технологий, связанных с решением единой задачи – создание экологически чистого предприятия.

В настоящую программу техпереворужения, модернизации и реконструкции (см. табл. 1) входят наиболее острые проблемы водообеспечения-водоотведения.

#### 1.3. Пояснение к программе реализации экологически чистых технологий:

1. Координация выполнения программы проводимых и намечаемых работ по внедрению передовых высокоэффективных и экологически чистых технологий осуществляется одной фирмой, которая является Генподрядчиком по реализации проектов «под ключ».
2. Проектные работы (в частях: строительная, технологическая, электрическая, межцеховые коммуникации, промышленный дизайн производственных и камеральных помещений) выполняются привлечением специализированными организациями в части разработки новых технологий и АСУ ТП и при участии Генпроектировщика - РО ТЭП.
3. В процессе реализации проектов, по усмотрению Заказчика, в настоящую программу могут включаться вопросы совершенствования ВХР, создания СХТМ, реконструкции БОУ, модернизации,

Таблица 1. План внедрения экологически чистых технологий при создании комплекса ВПУ на ОАО «Ставропольская ГРЭС»

№ п/п	Наименование работ по реконструкции технологических схем и совершенствованию ВХР	Приоритет внедрения работ
1.	Реконструкция технологических схем, создание и коррекция системы автоматизации узла подачи и подогрева сырой воды на ВПУ-200	высокий
2.	Строительство водоподготовительного комплекса для энергоблоков СКД на базе мембранных технологий	высокий
3.	Модернизация системы приготовления и очистки концентрированных и рабочих растворов извести и коагулянта	высокий
4.	Реконструкция бака-нейтрализатора №2 под осветлитель ОРАШ-350	высокий
5.	Модернизация, реконструкция и перепланировка технологического оборудования, трубопроводов и электрооборудования производственного помещения предпочистки ВПУ-200 с целью размещения вновь устанавливаемого оборудования	средний
6.	Разработка и создание системы повторного использования кислотно-щелочных стоков БОУ №1-8 и II - III-ей ступеней ВПУ-200 в водоподготовительном цикле	
6.1	Разработка системы использования сточных вод БОУ	средний
6.2	Разработка системы использования сточных вод II - III-ей ступеней ВПУ-200	средний
7.	Разработка и реконструкция технологических схем оборудования ВПУ-200 (осветлители, ООУ) с целью непрерывной работы и обеспечения возможности несения минимальных нагрузок.	высокий
8.	Реконструкция наружного бакового хозяйства ВПУ-200 и ХВО ПОК с учетом проводимой модернизации водоподготовительных систем и реализации разрабатываемых экологических мероприятий.	средний
9.	Замена подпитки теплосети с открытым водоразбором с использованием питьевой воды «Водоканала» на сырую воду (из водохранилища) с соответствующей её обработкой согласно требованиям ПТЭ и СанПиН.	средний
10.	Разработка мероприятий с последующим переводом режима регенераций и отмывки анионитных фильтров БОУ без применения аммиака.	средний
11.	Разработка и создание установки по переработке шламовых вод и утилизации сточных вод ВПУ-200, ПОК, БОУ с возвратом фильтрата в технологический цикл	средний
12.	Разработка комплекса АСУ ТП ВПУ с учетом внедрения эффективных и экологически чистых технологий:	
12.1	Разработка АСУ ТП предпочистки ВПУ, реконструируемой на базе ОРАШ-200	высокий
12.2	Разработка АСУ ТП ВПУ-200 с учетом внедрения мембранной технологии обессоливания воды	средний
12.3	Разработка АСУ ТП предпочистки ВПУ, реконструируемой на базе ОРАШ-200, ОРАШ-350, реконструируемой системы подачи сырой воды и складского хозяйства СХР, создаваемой системы повторного использования кислотно-щелочных стоков БОУ и ВПУ-200.	средний
12.4	Разработка АСУ ТП ПОК-200 с учетом реконструируемой системы обработки воды для теплосети с открытым водоразбором	средний
12.5	Автоматизация установки по переработке, утилизации и нейтрализации сточных вод ВПУ-200, ПОК, СХР и БОУ.	средний

комплектование парка измерительных приборов и модернизации экспресс лабораторий и ЦХЛ.

**1.4. Взаимосвязь работы предочистки ВПУ, работающей по ОРАШ-технологии, с ВХР и экономикой водно-химического хозяйства ОАО «Ставропольская ГРЭС».**

Роль предочистки ВПУ не ограничивается техническими и экономическими пределами непосредственно водоподготовительной системы в части оптимизации расхода реагентов на последующую обработку воды, потерь воды в собственном цикле и качественного состава сточных вод установки. На сегодняшний день, по оценке отечественных и зарубежных фирм, самыми эффективными и самыми надежными методами предварительной очистки воды являются технологии реагентной обработки воды в аппаратах с взвешенным слоем осадка. Выбор технологии обработки воды и соответствующего оборудования оказывают решающее влияние на всю систему водообеспечения-водоотведения, а также на состояние водно-химических режимов теплоэнергетического оборудования.

Технологическое влияние правильности выбора технологии предварительной очистки воды и оценки её эффективности для предприятия проявляется в следующем:

1. Выбор одного из двух основных методов предварительной обработки воды (коагуляция или известкование) с использованием реагентов определяют, в конечном счете, объем и качественный состав сточных вод, принятые схемы утилизации и переработки сточных вод;
2. Упрощается технологический процесс подготовки подпиточной воды для систем теплосети и водооборотных систем охлаждения теплосилового оборудования предприятий;
3. Глубина и эффективность очистки воды в системе предочистки ВПУ прямым образом определяют:
  - а) возможность применения эффективных противоточных технологий ионирования и мембранных способов деионизации обрабатываемой воды;
  - б) удельные расходы химреагентов на последующую, после предочистки, обработку воды;

- в) величину собственных нужд по воде как самой предочистки, так и ВПУ в целом.
- г) уровень старения анионитов и связанные с этим дополнительные материальные затраты и режимные последствия для ВПУ;
- д) в случае необоснованного выбора технологии обработки воды в системе предочистки гарантирован повышенный пропуск органических веществ в систему деминерализационной части ВПУ и далее в пароводяной тракт энергооборудования, что в свою очередь приводит к вторичным режимным нарушениям:

- чрезмерной коррозии основного теплосилового оборудования ТЭС за счет образующихся при высокотемпературном термоллизе “органики” в пароводяном цикле с образованием коррозионно-опасных низкомолекулярных органических веществ;
- снижению эффективности работы блочных конденсатоочисток за счет присутствия в пароводяном цикле ТЭС низкомолекулярных кислот;
- трудностям в обеспечении технических условий для поддержания высокоэффективных водно-химических режимов энергоблоков ТЭС и появления соответствующих отклонений от требований ПТЭ и ГТН.

4. Внедрение современных прогрессивных технологий деминерализации воды, (включая: обратный осмос, противоточное ионирование, электродиализ, испарительные установки) невозможно без глубокого удаления коллоидов, органических и взвешенных веществ на стадии предварительной очистки воды.

Применение осветлителей с взвешенным слоем осадка нового поколения промышленные предприятия позволяет доступными средствами решить весь комплекс технических, экономических и экологических проблем водоподготовительных систем и организации ВХР теплосилового оборудования.

Конструкции осветлителей с рециркуляцией активного шлама (ОРАШ) и двухкамерные с рециркуляционным устройством (ДКРУ) принципиально отличаются от своих предшествующих

аналогов (ЦНИИ МПС, СКБ ВТИ и зарубежных образцов) и существенно превосходят их как по техническим характеристикам, так и эффективности очистки обрабатываемой воды.

**1.5. Осветлители типа “ОРАШ” для реагентного умягчения воды.**

**1.5.1. Технические характеристики и особенности конструкции.**

По техническим показателям осветлители ОРАШ (патент на изобретение № 2122461 от 27.11.98г.) имеют следующие преимущества по сравнению с аналогами:

- производительность на 35 ÷ 50% выше, при габаритных равнозначных размерах сравниваемых аппаратов;
- удельная металлоёмкость (вес аппарата, тн. / Qном аппарата, м³/час) при изготовлении аппарата на 70% ниже.

Режим обработки воды, при применяемых одинаковых реагентах, существенно улучшается за счет возможности регулирования качества образующегося шлама. При этом обработанная вода имеет более глубокую степень очистки по коллоидным, взвешенным, органическим и полуторным веществам.

**Отличительные особенности осветлителей типа ОРАШ (Рис.1.):**

1. Ввод воды в осветлитель осуществляется через специальный гидроэлеватор, с помощью которого обеспечивается принудительная циркуляция шлама и создание замкнутого контура его циркуляции, без использования лопастных насосов, а только за счет кинетической энергии обрабатываемой воды.
2. Отсутствует воздухоотделитель, как самостоятельный конструктивный элемент, а конструктивно выделенная зона позволяет добиваться глубокого удаления образующихся газов и подсосываемого по тракту воды атмосферного воздуха;
3. Активное перемешивание дозируемых реагентов с обрабатываемой водой достигается за счет ввода их в зону движения циркулирующего шлама.
4. Система сбора шлама и шламоприемное устройство принципиально изменены (занимают около 15% объёма аппарата вместо 50%);
5. Для дополнительной очистки обработанной

воды от тонкодисперсной взвеси шлама устанавливается система тонкослойного отстойника (типа жалюзийный сепаратор);

6. Конструкция водосборного устройства изменена и существенно упрощена;

**1.5.2. Эффективность очистки поверхностных вод с использованием осветлителей типа ОРАШ:**

- остаточная щелочность известкованной воды – 0,5 ÷ 0,7 мг-экв/ дм³;
- нестабильность известкованной воды – менее 0,05 мг-экв/ дм³;
- остаточная жесткость (расчетная) – соответственно качеству исходной воды и на основании расчета;
- остаточное содержание взвешенные вещества – менее 0,5 мг/дм³;
- снижение органических веществ – 75%;
- снижение цветности – до 98%;
- снижение истинно растворенных кремнекислых соединений – до 70%;
- снижение коллоидных соединений – до 95%;
- остаточное содержание окислов железа – менее 100 мкг/ дм³;
- активность среды, рН – 10,05 ÷ 10,15 ед.

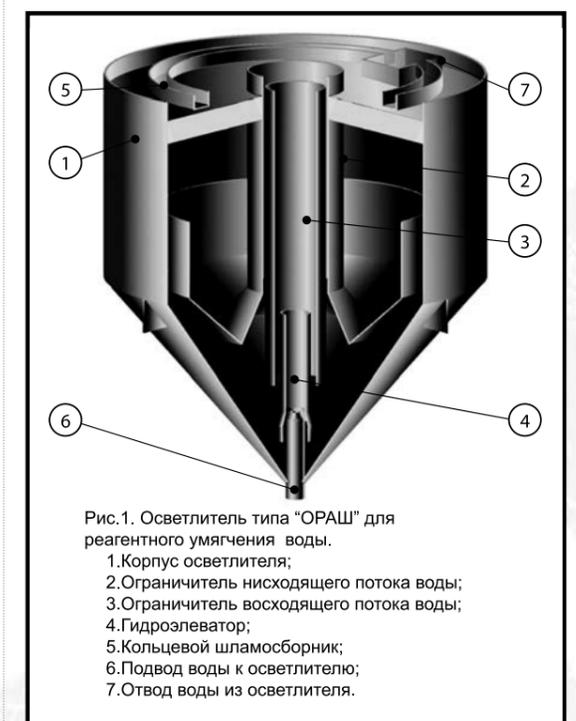


Рис.1. Осветлитель типа “ОРАШ” для реагентного умягчения воды.  
 1. Корпус осветлителя;  
 2. Ограничитель нисходящего потока воды;  
 3. Ограничитель восходящего потока воды;  
 4. Гидроэлеватор;  
 5. Кольцевой шламосборник;  
 6. Подвод воды к осветлителю;  
 7. Отвод воды из осветлителя.

### 1.5.3. Техничко-экономические показатели осветлителя типа ОРАШ:

- производительность осветлителя ОРАШ на 130 ÷ 150% выше, при габаритных равнозначных размерах сравниваемых аппаратов;
- эффективность удаления коллоидов и взвешенных веществ, окислов железа и алюминия в 3,0 ÷ 10,0 раз, органических веществ в 1,2 ÷ 1,5 раза выше при одинаковых расходах реагентов сравниваемых аналогов аппаратов;
- аппараты менее чувствительны к температурным колебаниям подогрева исходной воды и изменениям нагрузки, что позволяет эксплуатировать осветлители ОРАШ без теплоизоляции;
- регулирования нагрузки аппарата может осуществляться со скоростью изменения в 3.0 раза выше;
- технологический процесс обработки воды с применением осветлителей ОРАШ прост в эксплуатации и может быть полностью автоматизирован;
- высокая мобильность (разворот системы в работу за 0.5 ÷ 1.0 часа, вместо 8.0 ÷ 10 часов) эксплуатационная надежность (гарантия высокого качества известкованной воды при любых изменениях качества исходных показателей);
- низкие собственные нужды аппарата по воде (продувка аппарата 0.5÷1.5% от Qфакт) в зависимости от качества исходной воды);
- удельная металлоёмкость (вес аппарата в кг/Qном.) на 50% ниже, чем для аналогичных аппаратов;
- капитальные затраты на строительство (фундамент, шатер, павильон обслуживания, лестничные марши и т.д.) за счет меньших габаритов ОРАШ на 25% ниже, чем для аналогов по производительности;
- при использовании осветлителей типа ОРАШ в системе предочистки ВПУ, не требуется устанавливать механические фильтры с соответствующей обвязкой трубопроводами насосами и баковым хозяйством.

## II. Планируемые результаты проекта в части реализации комплекса экологически чистых технологий на ОАО «Ставропольская ГРЭС».

### 1. ОРАШ-технологии – объединяющее звено в реализации экологически чистых технологий на Ставропольской ГРЭС.

ОРАШ-технология является одним из элементов технологической цепочки обеспечивающих решение не только локальной задачи по обеспечения высокого и стабильного качества очищенной воды перед установкой обратного осмоса, но и объединяющим началом внедрения всего намечаемого комплекса экологически чистых технологий. Такая роль базовой ОРАШ-технологии подтверждается уже на стадии разработки ЗАО фирмой «Гидроникс» техпредложений по комплексному подходу по внедрению комплекса ВПУ-200. Решая вопросы внедрения мембранной технологии обессоливания воды, одновременно находят своё разрешение и вопросы реализации экологически чистых технологий:

1. Предварительная очистка воды перед обратным осмосом включает в свой состав следующие технологические узлы и установки:

- Система подачи и подогрева исходной воды на ВПУ-200. На стадии решения рассматриваемого проекта остаётся без изменений.
- Осветлитель ОРАШ-200 с обвязкой технологическими трубопроводами и узлами дозирования реагентов. К моменту реализации рассматриваемого проекта сдан в эксплуатацию, но его производительности недостаточно с учетом собственных нужд ВПУ-200. Предлагается вводить ОРАШ-350, изготавливаемого на базе корпуса БН-2.
- Реконструкция схемы использования бакового хозяйства (БИК, БПМФ) предочистки ВПУ-200.
- Система очистки концентрированных и рабочих растворов реагентов, дозируемых в осветлитель, создаётся на базе СХР.
- Мешалки приготовления рабочих растворов извести и коагулянта. Существующих ёмкостей хранения известкового молока недостаточно, т.к. они используются для нейтрализации сбросных вод ХВО и БОУ.
- Бак сбора продувочных вод мал по ёмкости запаса. Подлежит замене и переносу в связи с разработкой системы утилизации шлама при работе двух осветлителей типа ОРАШ.
- Система повторного использования щелочных стоков с БОУ и 2-ой, 3-ей ступеней очистки воды ВПУ-200 в осветлители ОРАШ -200 и ОРАШ-350. Вновь создаётся.

- Механические фильтры по предложению эксплуатации временно остаются в работе. Реконструкции не подлежат, осуществляется лишь профилактический ремонт. В перспективе – демонтируются.
  - Н-катионитные карбоксильные фильтры, работающие в режиме «голодной» регенерации устанавливаются на базе существующих корпусов фильтров-утилизаторов.
  - Система использования кислых сточных вод от БОУ и ВПУ-200, включая соответствующее баковое хозяйство и узлы дозирования кислых стоков, для регенерации Нкарб. Создаётся вновь.
2. Для сокращения потерь воды в цикле предочистки ООУ будет создаваться система сбора и распределения воды, включающая в себя:
- бак сбора продувочных вод осветлителя (существующий или новый);
  - насос возврата отмывочных вод в цикл предочистки Q-50 тн/час, n =2 шт., из расчета на весь комплекс системы предподготовки ВПУ;

- система трубопроводов подачи воды на собственные нужды реагентного хозяйства предочистки для приготовления рабочих растворов реагентов.
- Система сбора и повторного использования кислотно-щелочных стоков БОУ №1-8 в цикле ВПУ-200: щелочные сточные воды использовать в осветлителе, а кислые сточные воды использовать для регенерации Нкарб.
- Система сбора и повторного использования кислотно-щелочных стоков блока доочистки пермеата в цикле предочистки ООУ-200, при этом: щелочные сточные воды использовать в осветлителе, а кислые сточные воды использовать для регенерации Нкарб.
- Вопрос об использовании концентрата ООУ-200 будет решаться вне программы реконструкции.

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ОАО «ТЮМЕНЬЭНЕРГО»

Активная экологическая политика началась в ОАО «Тюменьэнерго» в начале 80-х годов 20 века. Сегодня все текущие и перспективные планы энергетиков неразрывно связаны с обеспечением экологически безопасного функционирования предприятий энергосистемы. За 20 с лишним лет своего существования акционерное общество добилось достаточной экологической эффективности, контролируя воздействие своей деятельности на окружающую среду, следуя своей продуманной экологической политике.

За последние десять лет ОАО «Тюменьэнерго» только снижает выбросы вредных веществ в атмосферу. Если в 1993 году выброс загрязняющих веществ от ТЭС в атмосферу составлял 64 тысячи тонн, то в 2002 году всего 49,5 тысяч.

Все семь электростанций «Тюменьэнерго» работают на природном нефтяном или попутном газе. Он является наиболее экологически чистым про-

дуктом и при сжигании не выделяет сажи, окислов серы и углерода. На предприятиях энергосистемы постоянно проводятся работы, улучшающие экологические показатели эксплуатируемого оборудования. Это, к примеру, реконструкция и модернизация энергетических котлов Сургутских ГРЭС-1 и ГРЭС-2, позволившая достигнуть нормативного содержания токсичного компонента – диоксида азота (290 мг на один кубометр уходящего дымового газа); реконструкция горелочных устройств четырех энергоблоков Сургутской ГРЭС-1, позволившая добиться удельного содержания диоксида азота не более 125 мг. на кубометр, что соответствует лучшим мировым стандартам.

В ОАО «Тюменьэнерго» нет котельных агрегатов с повышенными выбросами загрязняющих веществ, все оборудование по своим технологическим показателям соответствует экологическим требованиям. Акционерное общество уделяет немало внимания вопросам охраны и рационального

пользования водных ресурсов. 90% забранных из поверхностных источников воды возвращается обратно нормативно чистой.

В «Тюменьэнерго» принята Программа экологических мероприятий. В числе выполненных из них: установка на всех котельных агрегатах теплоэлектростанций автоматических приборов экологического контроля «ДОГ», утилизация нефтешламов Сургутских ГРЭС, замена водоуловителей градирен Тюменской ТЭЦ-2 и Тобольской ТЭЦ на более современные.

Начиная с первого января 2001 г организован непрерывный экологический контроль выбросов вредных веществ на ТЭС стационарными газо-

нализаторами, разработанными на основе отечественной приборной техники и соответствующими современному техническому уровню.

Уделяя серьезное внимание охране водоемов, все станции «Тюменьэнерго» проводят постоянную работу по снижению водопотребления и повторному использованию вод. Большое внимание уделяется очистке и повторному использованию замазученных и замасленных стоков. Сургутские ГРЭС-1 и ГРЭС-2, Нижневартовская ГРЭС повторно используют воды, очищаемые от нефтепродуктов на технологических установках.

## УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ТЭЦ-2 НА ЗАВОДЕ ЭФФЕКТИВНОГО СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

*Кирюхина Т.Е. (ОАО «Челябинская генерирующая компания»)*

Челябинская ТЭЦ-2 для выработки тепло и электроэнергии использует Челябинский бурый уголь, который обладает достаточно высокой (до 45%) зольностью. Элементный состав золы от сжигания Челябинского бурого угля состоит из SiO<sub>2</sub> (56%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (25%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10%), CaO (2,5%), MgO (2,5%), K<sub>2</sub>O (2,5%), Na<sub>2</sub>O (0,8%), SO<sub>3</sub> (0,5%) и пр. Как видно из состава, алюмосиликаты составляют в сумме более 80%, что позволяет причислить золу Челябинского бурого угля к вторичному минеральному сырью высокого качества для изготовления строительных материалов, в частности силикатного кирпича.

Одним из существенных препятствий не позволяющих использовать золошлаки Челябинского бурого угля являлось требование природоохранных органов доказать их не токсичность. В связи с чем была проведена большая работа совместно с Всероссийским Теплотехническим институтом (г. Москва) и Научно-исследовательским институтом Гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана по определению класса токсичности золошлаков. Эти исследования по-

казали, что золошлаки Челябинского бурого угля являются не токсичными.

Челябинским областным комитетом по экологии и природопользованию в 1993 году была проведена коллегия «О работе ОАО ЭиЭ «Челябэнерго» по рекультивации нарушенных земель и использованию золошлаковых отходов», которая обязала руководство ОАО Э и Э «Челябэнерго» решить вопрос комплексного использования золошлаковых отходов. Для выполнения этого решения была разработана программа по использованию и реализации золошлаковых отходов на 1994-1997 годы. Для выполнения этой программы на Челябинской ТЭЦ-2 было создано АОЗТ «АСЭН» и в 1995 году была введена в эксплуатацию первая очередь Завода эффективного силикатного кирпича производительностью 40 млн. штук в год с переработкой до 90 тыс. тонн золошлаков в год. Продукция завода – это силикатный кирпич полностью соответствующий ГОСТ 379-79, марки М75-М125, имеющий плотность 1300-1500 кг/куб.м., морозостойкость 25 циклов, теплопроводность 0,33-0,40 ккал/м\*ч\*С, весом 3,4-3,7 кг.

Золошлак для производства кирпичей изымается из отработанной первой секции золоотвала Че-

лябинской ТЭЦ-2. Разработка шлака производится плавучей гидроэлеваторной насосной и по пульпопроводу транспортируется на карты складирования. Для работы гидроэлеватора используется вода находящаяся внутри секции золоотвала, которая через шандорные колодцы сбрасывается обратно в первую секцию. Карты разбиваются на три секции приблизительной емкостью по 15 тыс.куб.м. В одну секцию производится намыв золы и шлака, в другой происходит обезвоживание, из третьей производится отгрузка самосвалами на завод.

За время эксплуатации завода зола из первой секции золоотвала площадью 52,6 га практически утилизирована и с 2005 года начата проектная работа разработки золошлаков из второй секции площадью 70,2 га.

### Выводы:

1. На сегодняшний день утилизация золы для производства кирпичей позволила освободить и в дальнейшем позволит полностью рекультивировать первую секцию золоотвала.

## ВНЕДРЕНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ГАЗОВ НА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ТЭЦ-3

*Афанасенко В.М (Челябинская ТЭЦ-3), Кирюхина Т.Е. (ОАО «Челябинская генерирующая компания»)*



Энергоблок №1 с энергетическим котлом типа Еп-670-13,8-545 ГКТ №1 Челябинской ТЭЦ-3 введен в эксплуатацию в 1996 году и работает на газо-

2. Утилизация золошлаков позволила значительно снизить плату за складирование золошлаковых отходов.
3. Годовой выход золошлаковых отходов на Челябинской ТЭЦ-2 с 2000 по 2004 г.г. в среднем составлял 55 тыс. тонн, то есть ниже, чем объем перерабатываемой на заводе золы в размере 90 тыс. тонн в год, что позволит сократить площади отчуждаемые под золоотвалы.
4. Золошлаковые отходы могут являться полноценным сырьем для производства строительных материалов, а значит необходимо в дальнейшем развивать и совершенствовать использование золошлаковых отходов, как одно из важнейших направлений природоохранной деятельности.

образном топливе. В процессе эксплуатации котла стало ясно, что газовоздушный тракт имеет ряд конструктивных недоработок, а именно:

1. Существенная неравномерность распределения потоков дымовых газов, как по глубине поворотной камеры, так и по сторонам конвективных шахт, что приводило к значительным перепадам температур по газовому тракту и пароводяному тракту котла.
2. Неравномерность ввода газов рециркуляции в общие короба горячего воздуха, подводы которых осуществлялись только с тыльной стороны воздухопроводов, тем самым создавались перекосы по избыткам воздуха
3. Неравномерное распределение потоков холодного воздуха по ширине трубчатого воздухоподогревателя (ТВП), что приводило к существенным перепадам температур уходящих газов в конвективных шахтах и температурам горячего воздуха перед горелками.
4. Высокое аэродинамическое сопротивление воз-

душного тракта приводило к перерасходам электроэнергии на собственные нужды.

Ввиду отсутствия возможности подачи газов рециркуляции непосредственно в короба горячего воздуха, они подавались в низ топки и выполняли только функцию регулирования температуры вторично перегретого пара, однако номинального значения этой температуры достичь не удавалось. Минимальный избыток воздуха для горения удавалось поддерживать на значении не менее 1,12. В дополнение к этому, из-за неудачной компоновки калориферов предварительного подогрева воздуха, проблематично было достичь этого избытка воздуха по причине их большого аэродинамического сопротивления. Содержание оксидов азота в уходящих газах при этом было на уровне 240 мг/нм<sup>3</sup>.

Вместе со специалистами УралВТИ была проведена работа по ликвидации этих недостатков, и были приняты технические решения по реконструкции газовоздушного тракта котла.

В период проведения капитального ремонта энергоблока в 2000 году принятые технические решения были реализованы.

Выполнены следующие конструктивные изменения:

1. Смонтированы раздающие короба, обеспечивающие по всей ширине коробов горячего воздуха равномерный ввод газов рециркуляции с установкой на каждом из отводов расчетных дросселирующих устройств. Расчеты проверялись на аэродинамическом стенде, выполненном в виде уменьшенного макета.
2. Изменена установка калориферов предварительного подогрева воздуха вторичного воздуха. Калориферы были установлены в V-образной компоновке, что позволило уменьшить их аэродинамическое сопротивление в 2 раза.
3. Для снижения общего сопротивления воздушно-го тракта увеличена площадь сечения перемычки между общими коробами первичного и вторичного воздуха, объединены короба первичного и вторичного воздуха до и за ТВП и установлены направляющие лопатки во всасывающих коробах дутьевых вентиляторов.

4. Для выравнивания расходов дымовых газов по конвективным шахтам, разделены потоки уходящих газов по фронтным и тыловым полу шахтам в собирающие горизонтальные короба на выходе из конвективных шахт на участках до выхода за габариты ТВП.

В результате проделанной работы были достигнуты следующие результаты:

1. Благодаря снижению аэродинамического сопротивления воздушного тракта достигнуто снижение расхода электроэнергии на дутье на 190 квт.
2. Увеличена температура вторично перегретого пара на выходе из котла до номинальной величины при неизменной температуре уходящих газов. Автоматизирован процесс регулирования температуры вторично перегретого пара изменением доли рециркуляции дымовых газов.
3. Удалось снизить избыток воздуха в режимном сечении до 1,06.

Существенным эффектом от внедрения этого мероприятия явилось значительное снижение, выбросов оксидов азота (с 240 мг/нм<sup>3</sup> до 100 мг/нм<sup>3</sup>) при номинальной нагрузке котла, что ниже предельного значения установленного действующими стандартами. При 50% от номинальной нагрузки котла концентрация оксидов азота снижается до 30 мг/нм<sup>3</sup>. Это позволило достичь нормативов предельно-допустимых выбросов, предусмотренных Проектом ПДВ Челябинской ТЭЦ-3, не внедряя других сложных технологических мероприятий, связанных с большими материальными затратами. Этот положительный опыт по эффективному снижению выбросов оксидов азота с низкими затратами был перенесен на Челябинскую ГРЭС. На 2005-2007 годы запланировано внедрить рециркуляцию газов на всех котлах Челябинской ГРЭС, мероприятие включено в Областную целевую программу Челябинской области по охране окружающей среды на 2005-2007 годы.

## Эффективные экологические проекты, внедренные на энергопредприятиях БЕ «СЕРВИС» ОАО РАО «ЕЭС России»

## О РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СОЧИНСКОЙ ТЭС

Федеральная энергетическая комиссия России 29.12.2001г. постановлением № 78/2 включила Сочинскую ТЭС в перечень важнейших строек и объектов капитального строительства в электроэнергетике, финансируемых за счет целевых инвестиционных средств РАО «ЕЭС России» и привлеченных кредитных ресурсов.

Данное постановление появилось вследствие масштабной энергетической аварии, произошедшей в регионе в 2001 году, когда энергообеспечение города неоднократно прерывалось из-за аварий ЛЭП во время обильных снегопадов и гололеда. Чтобы избежать повторения энергокризиса, было принято решение построить теплоэлектростанцию в рекордно короткие сроки.

Проект разработал институт «Теплоэлектропроект». Строительство станции с уникальными технологическими решениями было начато в декабре 2002 года и станция была введена в эксплуатацию уже через 19 месяцев!

Строительство станции успешно вписалось в стратегию развития региона. Город Сочи - курортная зона и поэтому на начальных этапах согласования и утверждения строительства Сочинской ТЭС учитывалось не только важность строительства, но и последствия воздействия данного энергообъекта на здоровье населения и окружающую природную среду в целом, с ее большим и уникальным видовым разнообразием растительного и животного мира.

Сочинская ТЭС расположена в промышленной зоне на ручье Малом в Хостинском районе г. Сочи. В географическом отношении площадка расположена в Западном Закавказье, на черноморском побережье (в 4 км от Черного моря), у подножья горы Чугуш, относящейся к системе гор юго-западного склона Главного Кавказского хребта.

По климатическим условиям площадка относится к влажным субтропикам с мягкой зимой и очень теплым летом. Средняя годовая температура воздуха составляет 14,1 °С.

При разработке проекта очень серьезно подошли к выбору состава основного оборудования с точки зрения его надежности, безопасности, эффективности и экологичности. Выбор природного

газа, как основного вида топлива для работы электростанции, тоже не случаен. Газ является наиболее экологически чистым видом энергетического топлива. И сейчас, в период эксплуатации, Сочинская ТЭС с запасом выполняет жесткие экологические нормы курортной местности.

В результате в эксплуатацию приняты два паровых энергоблока ПГУ-39, включающие:

- газовую турбину GT 10 C ( Siemens);
- паровую турбину Т-10/11-5,2/0,2 ( Калужский турбинный завод, ОАО «Силовые машины»);
- котел-утилизатор П-103 ( «ЗиО-Подольск» ).

Номинальная электрическая мощность станции составляет 78 МВт, тепловая – 25Гкал/ч. Среднегодовая выработка электроэнергии – 487,5 млн кВт\*ч, тепла – 80 тыс. Гкал. Класс использования теплоэлектростанции – базовый (7500 ч/год).

Конструктивные особенности оборудования.

Газовая турбина выполнена по двухвальной схеме: газогенератор и свободная силовая турбина, которая обеспечивает более высокий (по сравнению с одновальными ГТУ) КПД при работе на частичных нагрузках.

Конструктивной особенностью газотурбинной установки является малоэмиссионная кольцевая камера сгорания с сухим подавлением вредных выбросов. В камере установлен один воспламенитель и 18 горелок, обеспечивающие высокую эффективность процесса сжигания топлива. Максимальная полнота сгорания топлива – это минимум выбросов отработанных токсичных газов.

Силовая турбина представляет собой свободную двухступенчатую осевую турбину (имеющую с газогенератором только газодинамическую связь) с номинальной частотой вращения 6500 об/мин. Двухвальная конструкция газотурбинной установки позволяет оптимизировать машину по частоте вращения, обеспечивая хорошую маневренность и высокие показатели при работе с неполной нагрузкой. Кроме того, для раскрутки ротора газогенератора при запуске требуется меньшая мощность пускового устройства.

Для защиты проточной части ГТ от эрозии применено комплексное воздухоочистительное уст-

ройство импульсного типа. В его состав входят фильтр с автоматической импульсной очисткой и система шумоглушения. Функция антиобледенения тоже выполняется фильтром с автоматической импульсной очисткой.

Конструктивными особенностями генератора переменного тока с приводом от ГТ являются малое расстояние между центрами подшипников и наличие жестких подшипниковых опор под ними, что снижает уровень вибраций до минимума. Специальная коробчатая конструкция рамы машины выполнена таким образом, что статор опирается на фундамент, поэтому все статические и динамические нагрузки передаются непосредственно на него.

Управление паровой турбиной осуществляется с помощью микропроцессорной электрогидравлической системой автоматического регулирования, состоящей из двух функциональных частей - электронной управляющей и гидромеханической исполнительной, что повышает надежность в управлении.

Система охлаждения оборудования состоит из воздушно-конденсационной установки (ВКУ) системы Геллера для охлаждения циркуляционной воды от конденсаторов турбин. Предложение на поставку системы ВКУ разработаны венгерской фирмой EGI-IEA. Воздушно-конденсационная установка системы Геллера представляет собой непрямую систему сухого охлаждения, что значительно уменьшает потери воды на испарение.

Оптимизация различных вариантов при проектировании турбогенератора с приводом от паровой турбины позволила получить высокий коэффициент полезного действия и повысить надежность. Применение катушечной обмотки с оптимальным шагом, использование высококачественной стали сердечника статора с низкими потерями, а также сборка сердечника на немагнитных изолированных шпильках - все это способствовало повышению эффективности.

Котел-утилизатор П-103 разработан инженеринговой компанией «ЗИОМАР» при участии ВТИ, с учетом открытой компоновки и сейсмичности района строительства.

Котел оснащен системами контроля технологических параметров, защит и блокировок, автоматического регулирования. Это обеспечивает опе-

ративное управление, безопасную эксплуатацию и экономичную работу.

На Сочинской ТЭС создана единая многоуровневая автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе микропроцессорной техники.

Основными целями создания АСУ ТП являются:

- обеспечение надежного и эффективного автоматизированного управления всем основным и вспомогательным оборудованием в нормальных, переходных, аварийных режимах работы;
- обеспечение информации для анализа, оптимизации работы оборудования и планирования его ремонтов;
- повышение надежности работы основного технологического и электротехнического оборудования, снижение риска тяжелых аварий;
- улучшение условий труда эксплуатационного персонала.

АСУ ТП Сочинской ТЭС охватывает энергоблоки, общестанционные и вспомогательные установки. Применение этой системы позволяет поддерживать оптимальные режимы работы оборудования, максимальную экономичность и экологичность при различных нагрузках в автоматическом режиме без вмешательства персонала.

Регулирование выбросов являются важнейшей составной частью мероприятий по обеспечению чистоты воздушного бассейна. Допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в Сочи ниже, чем ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе других близлежащих населенных пунктов.

Отслеживание концентраций загрязняющих веществ в уходящих газах также осуществляется средствами АСУ ТП. Газоанализатор КГА-8С фиксирует и передает на блочный щит управления данные по окиси углерода, азота, содержанию кислорода и температуру уходящих газов. Данная информация обеспечивает соблюдение норм удельных выбросов и позволяет контролировать их содержание в уходящих газах путем обеспечения нормальной технологии сжигания топлива.

Значительное внимание на Сочинской ТЭС уделяется очистке сточных вод предприятия, которые проходят очистку на механических и сорбционных фильтрах. В качестве фильтрата на механических фильтрах используется гидроант-

рацит марки «PUROLAT-стандарт» с высокой естественной пористостью и повышенными гидродинамическими характеристиками. Вследствие этого эффект очистки выше в 1,5-2 раза, чем при использовании обычных фильтрующих антрацитов или кварцевого песка. Глубокая очистка от тонкодисперсных нефтепродуктов на сорбционных фильтрах, загруженных активированным углем марки «PUROLAT-актив», после которых достигается степень очистки до требуемых показателей: по нефтепродуктам 0,05 мг/мл, по взвешенным веществам до 3 мг/л, что удовлетворяет требованиям рыбохозяйственного комплекса и позволяет использовать воду повторно в технологическом цикле или сбрасывать в ручей Малый.

Контроль за качеством очистки стоков осуществляется непрерывно контроль-измерительным комплексом, определяющим в реальном времени концентрацию растворенных нефтепродуктов в очищенных сточных водах.

На восполнение потерь пара и конденсата в технологическом цикле блоков на Сочинской ТЭС применено вместо традиционного - обратноосмотическое обессоливание. Преимущества данного метода обусловлены малогабаритностью оборудования, простотой его эксплуатации, невысокой энергоемкостью процесса, отсутствием больших расходов реагентов на эксплуатацию, что в целом приводит к минимальному воздействию на поверхностные воды.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ИЛИ ПРЕДМОНТАЖНАЯ ПРОМЫВКА МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ ТУРБОАГРЕГАТОВ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МОЮЩИХ БИОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛАГАЕМЫХ ПРЕПАРАТОВ СЕРИИ ТМС

*Д.В. Шуварин (Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» - «Фирма ОРГРЭС»)*

Вопросы качества масел и чистоты технологических систем на первый взгляд очевидны: чем выше уровень промышленной чистоты, тем более надежно и долго работает какое-либо энергетическое оборудование. Однако, как показывает статистика отказов и нарушений работы систем турбогенераторов, ежегодно большая их часть происходит вследствие загрязнения маслосистемы и масла [1].

Для обеспечения более высокого уровня промышленной чистоты маслосистем энергетического оборудования Фирма ОРГРЭС разработала технологию эксплуатационной промывки масляных систем турбоагрегатов с помощью водных растворов биологически разлагаемых универсальных моющих препаратов серии ТМС Л, выпускаемых по ТУ 2383-001-56478541-01 НПП «ТЕХНОБИОР». Эти препараты обеспечивают эффективную промывку даже в статических условиях. А самое главное, не содержат компонентов, несовместимых с турбинными маслами (в рабочей концентрации), что подтверждено заключением ВНИИ НП. Данные по влиянию этих препаратов на качество масла приведены в Таблице 1. Их влияние на качество масла Тп-22С практически не отличается от воздействия дистиллированной воды, а удаление воды из турбинного масла после промывки может быть проведено с помощью штатных средств очистки масел.

Под техническим руководством специалистов Фирмы ОРГРЭС в 2001-2005 г.г. была проведена эксплуатационная промывка маслосистем с помощью биологически разлагаемых универсальных моющих препаратов следующих типов турбоагрегатов: Т-250 (ТЭЦ-21, 22, 25, 26 Мосэнерго), Т-100 (ТЭЦ-8, 21 Мосэнерго, Орловская ТЭЦ, Волжская ТЭЦ-1), ПТ-60 (ТЭЦ-9, 12, 25 Мосэнерго), К-200 (Шатурская ГРЭС-5, Печорская ГРЭС), К-300 (ГРЭС-24 Мосэнерго). Из маслосистем турбоагрегатов было смыто от 500 до 4500 дм<sup>3</sup> масляного шлама и от 35 до 500 кг твердых частиц (продукты износа и коррозии элементов маслосистем).

Под техническим руководством специалистов Фирмы ОРГРЭС в 2001-2005 г.г. была проведена эксплуатационная промывка маслосистем с помощью биологически разлагаемых универсальных моющих препаратов следующих типов турбоагрегатов: Т-250 (ТЭЦ-21, 22, 25, 26 Мосэнерго), Т-100 (ТЭЦ-8, 21 Мосэнерго, Орловская ТЭЦ, Волжская ТЭЦ-1), ПТ-60 (ТЭЦ-9, 12, 25 Мосэнерго), К-200 (Шатурская ГРЭС-5, Печорская ГРЭС), К-300 (ГРЭС-24 Мосэнерго). Из маслосистем турбоагрегатов было смыто от 500 до 4500 дм<sup>3</sup> масляного шлама и от 35 до 500 кг твердых частиц (продукты износа и коррозии элементов маслосистем).

Технология промывки предусматривает поочередную промывку маслосистем по контурам. Прокачка промывочного раствора осуществляется штатными насосами турбоагрегатов. Промывочные растворы готовятся перед проведением промывки непосредственно в маслобаке турбоагрегата путем добавления расчетного количества препарата в обессоленную воду, циркулирующую по системе. Количество концентрата моющего препарата, необходимое для приготовления раствора, рассчитывается на основании лабораторных испытаний образцов шлама из маслосистемы и проб промывочного раствора. Критерием выбора необходимой концентрации промывочного раствора является полное (100%-ное) удаление масляного шлама со стальных пластин (используются для нанесения образцов масляного шлама) при минимизации времени промывки. Рабочая концентрация промывочного раствора составляет от 8 до 15 % по массе.

Продолжительность всех операций по промывке маслосистемы (заполнение маслосистем водой, проведение гидравлических испытаний промывочных контуров, приготовление промывочного раствора, промывка маслосистем по контурам, слив отработанного промывочного раствора, промывка маслосистем водой, слив воды, консервация маслосистемы с помощью заполнения турбинным маслом) занимает не более 5 суток.

Критерием окончания отдельных этапов промывки является стабилизация или уменьшение количества взвешенных частиц загрязнения в промывочном растворе. Определение количества и характера взвешенных частиц в промывочной жидкости выполняется с помощью мембранной фильтрации и оптической микроскопии. Фотографии характерных зон фильтровальных мембран с частицами загрязнения, смытых из маслосистем турбоагрегатов на разных этапах промывки, приведены на Рисунках 1 и 2. В таблице 2 приведены результаты определения класса промышленной чистоты после подсчета количества частиц загрязнения на мембранах под микроскопом. Внешний вид промывочного раствора, штатных сеток ГМБ после промывки и проб промывочного раствора приведен на Рисунке 3.

Отработанные промывочные растворы достаточно просто утилизируются. ПАВ, входящие в состав препаратов серии ТМС Л, обладают способностью

к биологическому разрушению. Отработанные промывочные растворы сливаются на очистные сооружения электростанций. В некоторых случаях часть отработанных растворов после их отстоя для удаления смытых компонентов масляного шлама может приниматься в отдельные емкости. Такой раствор может быть использован для удаления протечек нефтепродуктов с промышленных площадок.

На основании результатов промывки сделаны выводы, что растворы биологически разлагаемых универсальных моющих препаратов серии ТМС Л позволяют практически полностью удалить масляный шлам с внутренних поверхностей сливных трубопроводов и маслоохладителей в маслосистемах турбоагрегатов без их разборки. Так на Шатурской ГРЭС после промывки была выполнена модернизация маслосистемы с проведением огневых работ. Безопасное проведение огневых работ (резка трубопроводов, приварка фланцев) было обусловлено полным удалением из маслопроводов остатков масла и шлама [2].

Положительный опыт выполненных промывок позволил разработать СО 34.30.609-2003 «Инструкция по проведению эксплуатационных очисток маслосистем турбогенераторов с применением водных растворов биологически разлагаемых моющих средств» [3].

В настоящее время некоторые электростанции самостоятельно проводят эксплуатационные промывки маслосистем с применением водных растворов препарата ТМС ЛН. Однако на некоторых электростанциях возникают проблемы с очисткой турбинного масла от воды после окончания промывок. Основной причиной возникновения проблем при очистке масла является применение морально устаревшего и физически изношенного маслоочистительного оборудования. Эффективность и качество очистки турбинных масел с помощью такого оборудования уже никак не может удовлетворить современным требованиям к промышленной чистоте, которые регламентируются основными нормативно-техническими документами по вопросам эксплуатации масел и маслосистем энергетического оборудования [4], [5], [6], [7].

При выборе новых средств очистки масел рекомендуется отдавать предпочтение универсальным вакуумным установкам, которые способны обеспечить очистку энергетических масел от основных

видов загрязнения (дисперсная и растворенная вода, механические примеси и масляный шлам, газы). Для этих целей могут быть рекомендованы вакуумные установки HNP 021 и HNP 073 (фирма PALL), вакуумные установки COM-Э («Фильтрам»), маслоочистительные стенды СОГ 933КТ1 («НИТИ ТЕСАР»), установки ТМО-3 (Махачкалинский МЗС).

Наиболее правильно при планировании проведения промывок стараться обеспечить комплексный подход к вопросам эксплуатации масел. Такой комплексный подход, предлагаемый Firmой ОРГРЭС достаточно прост – это обеспечить залив (долив) в чистые технологические системы энер-

гетического оборудования чистых и высококачественных масел и постоянное поддержание необходимой промышленной чистоты маселосистем и качества масел в процессе эксплуатации [6].

По мнению Firmы ОРГРЭС намного выгоднее расходовать средства на совершенствование эксплуатации, диагностику и профилактику оборудования, чем на большой объем ремонтных работ для устранения последствий повреждений и аварий.

**Таблица 1**

Значение показателей качества турбинного масла Тп-22С после обработки дистиллированной водой и водным раствором универсального моющего биологически разрушаемого препарата

№ п	Наименование показателя качества масла	Номер стандарта на метод испытания	Значение показателя качества турбинного масла Тп-22С, обработанного <sup>(*)</sup>	
			дистиллированной водой	водным раствором препарата
1.	Время демульсации, с	ГОСТ 12068	144	113
2.	Коррозия на стальных стержнях	ГОСТ 19199	отсутствие	отсутствие
3.	Время деаэрации, с	DIN 51381	132	127
4.	Стабильность против окисления (24 ч, 130 °С, 5 дм <sup>3</sup> /ч О <sub>2</sub> ): - осадок, масс. % - кислотное число, мг КОН/г масла - летучие водорастворимые кислоты, мг КОН /г масла	ГОСТ 981	0,004 0,08 0,02	0,002 0,075 0,007
5.	Пенообразующие свойства: объем столба пены в см <sup>3</sup> / время ее разрушения, с - при 24 °С - при 93 °С - при 24 °С	ASTM D892	150 / 221 40 / 30 170 / 240	140 / 440 25 / 25 110 / 220

<sup>(\*)</sup> Примечание: Обработка пробы масла заключалась в смешении масла Тп-22С с водой или водным раствором универсального моющего биологически разрушаемого препарата с последующей очисткой пробы масла от воды или раствора перед проведением испытаний.

**Таблица 2**

Гранулометрический состав механических примесей, содержащихся в пробах промывочной жидкости

Наименование пробы	Класс промышленной чистоты ГОСТ 17216	Количество частиц в 100 см <sup>3</sup> пробы, шт. размером, мкм.				
		более 100 и волокна	50-100	25-50	10-25	5-10
1. Вода, циркулирующая в масло-системе до ввода моющего препарата	14 (см. прим.)	385	2	773	1430	16800
2. Раствор после ввода моющего препарата в рабочей концентрации	14	420	1331	5285	29900	более 63000
3. Раствор после промывки масло-системы до подключения масло-охладителей	16	5	440	34200	более 25000	-
4. Раствор после подключения маслоохладителей в схему промывки	вне класса	504	16380	более 50000	-	-
5. Раствор по окончании промывки всей маслосистемы	15	326	2436	19600	более 125000	-

Примечание: Класс промышленной чистоты пробы 1 определен как 14 класс, за счет наличия в пробе большого количества волокон, попавших в воду из фильтровального материала, установленного на штатных сетках главного маслобака.

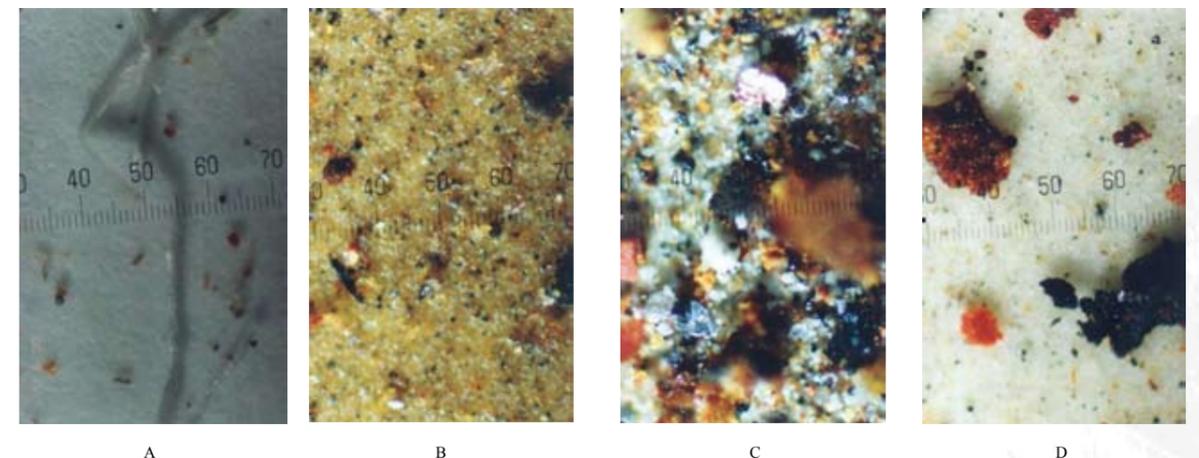
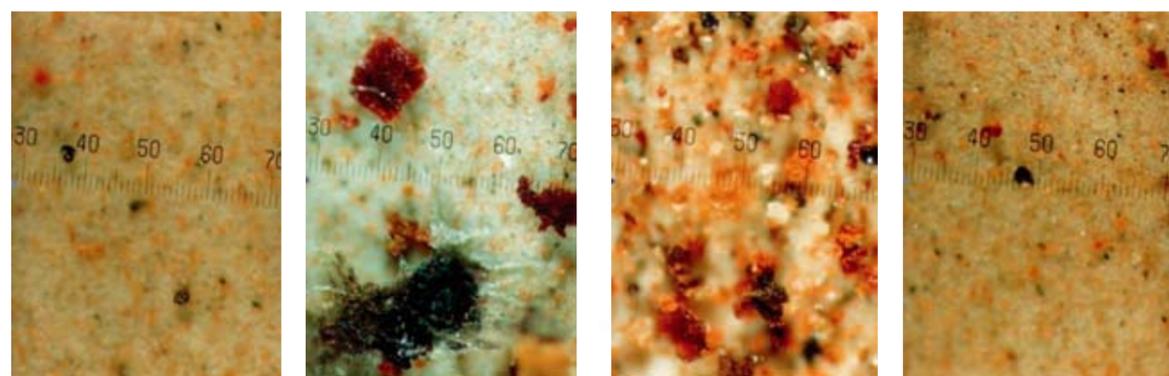
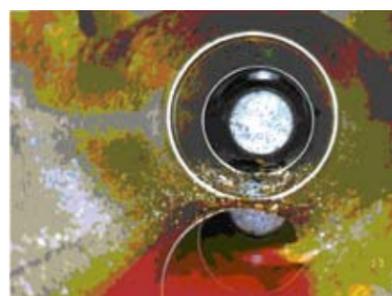


Рис.1 Фотографии характерных зон фильтровальных мембран с частицами загрязнений, смытых из маслосистемы на разных этапах промывки.

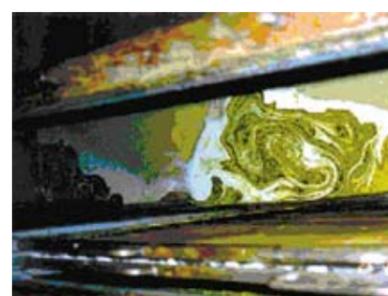


А В С Д

Рис.2 Фотографии характерных зон фильтровальных мембран с частицами загрязнения, смытых из маслосистемы на разных этапах промывки.



Турбоагрегат Т-250.  
Внешний вид загрязнений  
в сливном коллекторе.



Турбоагрегат Т-250.  
Внешний вид загрязнений  
в сливном коллекторе.



Турбоагрегат Т-250.  
Сетка из ГМБ после промывки.



Турбоагрегат Т-250.  
Пробы промывочной жидкости.

## Эффективные экологические проекты, внедренные в энергокомпаниях, не входящих в Холдинг ОАО РАО «ЕЭС России»

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НИЖНЕКАМСКОЙ ТЭЦ-1 В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

*Большаков Р.В. (Нижнекамская ТЭЦ-1 ОАО «Татэнерго»)*



Аннотация: приводятся результаты ресурсосберегающей и природоохранной деятельности Нижнекамской ТЭЦ-1, направленной на повторное использование ресурсов и получение экономического эффекта

Охране окружающей среды на Нижнекамской ТЭЦ-1 всегда уделялось большое внимание. И это не удивительно. По составу установленного оборудования электростанция является уникальной. Если установленная электрическая мощность Нижнекамской ТЭЦ-1 составляет 850 МВт и это не является чем-то особенным, то установленная тепловая мощность значительна и составляет 3885 Гкал/час. Проектный отпуск пара на производство – 3314 т/ч, тепла с горячей водой – 1225 Гкал/ч.

Такая внушительная тепловая мощность теплоэлектростанции обусловлена потребностями

крупных промышленных предприятий в теплоносителе разных параметров, в первую очередь гиганта нефтехимии – ОАО «Нижнекамскнефтехим».

В этом и проявляется особенность состава оборудования Нижнекамской ТЭЦ-1. На электростанции установлены: восемь турбоагрегатов с производственными отборами пара; три теплофикационные турбины; шесть быстродействующих установок редуцирования пара; 16 энергетических котлов суммарной паропроизводительностью 7020 т/час. Мощная водоподготовка, состоящая из двух цехов химводоочистки с суммарной проектной выработкой химобессоленной воды 3500 т/ч, делает Нижнекамскую ТЭЦ-1 уникальным объектом отечественной энергетики.

По этой причине предприятие оказывает интенсивное воздействие на окружающую среду, так как является крупнейшим потребителем природных ресурсов (речной воды и органического топлива), в связи с чем образует большое количество загрязняющих веществ с уходящими газами от паровых котлов и минерализованными стоками от водоподготовительных установок.

В этой же связи электростанция является крупным отходаобразующим предприятием, главным образом за счет отходов, образующихся при подготовке добавочной воды для восполнения потерь, связанных с отпуском на производство значительных объемов технологического пара.

Поэтому поиск путей решения вопросов экологической безопасности на электростанции всегда имел первостепенное значение.

С 2004 года природоохранная деятельность на Нижнекамской ТЭЦ-1 строится по принципам организации экологического управления, рекомендуемого к внедрению международными стандартами серии ИСО 14000.

Мотивом к внедрению на предприятии Системы управления окружающей средой явились материалы экологического аудита, проведенного орга-



ном сертификации по экологическим требованиям «Татэкосертифико» в 2003 году.

Руководство Нижнекамской ТЭЦ-1, изучив материалы экологического аудита и рекомендации экспертов о внедрении системы управления окружающей средой по международным стандартам серии ИСО 14000, пришло к выводу, что организация и функционирование эффективной системы экологического управления принесет пользу не только обществу и населению, но и в первую очередь самой электростанции.

Эффективное экологическое управление помимо таких выгод, как последовательное снижение отрицательного воздействия на окружающую среду, создания благоприятного имиджа предприятия, основанного на экологической ответственности и экологической состоятельности, даст электростанции возможность получать такие экономические выгоды, как снижение экологических платежей, исключение штрафных санкций, экономию и сбережение энергетических и природных ресурсов, снижение потерь.

В январе 2004 года на предприятии была сформулирована и принята экологическая политика Нижнекамской ТЭЦ-1. Руководство электростанции продекларировало в специальном документе обязательства предприятия в отношении охраны окружающей среды. Одновременно эти обязательства были включены в Коллективный договор 2004 года между работодателем и членами профсоюза электростанции.

На основании рекомендаций международных стандартов серии ИСО 14000 на предприятии разработан Стандарт предприятия «О порядке органи-

зации системы управления окружающей средой» и экологическая программа на 2004 год.

Одной из немаловажных задач, которые ставил высший менеджерский состав предприятия при внедрении СУОС, являлось вовлечение персонала электростанции в работу по улучшению состояния окружающей среды, повышению экологической безопасности производства.

Конечно срок функционирования системы экологического управления на Нижнекамской ТЭЦ-1 пока еще небольшой. Есть ошибки, отрицательные моменты, еще многое предстоит доработать.

Однако положительный эффект от внедрения СУОС за первый год ее функционирования все же получен. И главным образом он связан с человеческим ресурсом – все больше работников электростанции приходят к осознанию необходимости улучшения окружающей природной и производственной среды и повышения общей экологической эффективности производства.

Благодаря вовлечению практически всех работников предприятия в природоохранную деятельность, получены первые положительные результаты посредством беззатратных и малозатратных мероприятий и действий.

Так в 2004 году количество рационализаторских предложений работников ТЭЦ, направленных на улучшение состояния окружающей среды или экономию природных ресурсов, превысило этот показатель в сумме за 2001-2003 годы. Экономический эффект от реализации «природоохранных» рационализаторских предложений в 2004 году составил 3 млн. 769 тыс.рублей, что более чем на 1 млн.рублей больше, чем экономический эффект за 3 предыдущих года (эффект от реализации рационализаторских предложений с экологической направленностью за 2001-2003 годы составил 2 млн. 758 тыс.рублей).

Система экологического управления помимо мотивации персонала на деятельность по охране окружающей среды предполагает, конечно, и ответственность работников при выполнении своих служебных обязанностей. В этом плане при внедрении СУОС до каждого работника ТЭЦ доведены его обязанности и ответственность в системе экологического управления. В целях повышения экологического образования вопросы в области охраны окружающей среды включены в програм-

мы подготовки персонала и тематические инструктажи.

Постоянное освещение природоохранной деятельности предприятия, открытый доступ персонала к экологической деятельности электростанции, в том числе и через информационную систему управления окружающей средой, позволили повысить уровень сознания работников ТЭЦ и практически исключить нарушения нормативных экологических требований.

Так, например, количество нарушений качества производственно-ливневых сточных вод снизилось с 26 случаев в 2001 году до 5 нарушений в 2004 году. Причем, нарушения качества сточных вод, которые произошли в 2004 году, были уже связаны не с «человеческим фактором», а с аварийной ситуацией на маслосистеме одной из турбин.

Благодаря изменению отношения практически всех работников к экологической деятельности предприятия произошел прорыв в улучшении эстетического состояния территории и ее благоустройства. Ликвидированы десятки несанкционированных свалок производственных и бытовых отходов. Вывезены сотни тонн металлолома и строительного мусора. Проведено бесчисленное количество рейдов по санитарной очистке и благоустройству территории.

Три года подряд на Нижнекамской ТЭЦ-1 проводились смотры-конкурсы между подразделениями по озеленению и улучшению экологического состояния закрепленных участков промышленной площадки ТЭЦ.

Сейчас уже трудно представить в каком запущенном состоянии находилась территория электростанции. Остались только материалы фотоархивов, как напоминание о хозяйственной ответственности.

Одной из подсистем Системы управления окружающей средой на Нижнекамской ТЭЦ-1 является система производственного экологического контроля на предприятии.

Производственный экологический контроль на Нижнекамской ТЭЦ-1 осуществляется в соответствии с требованиями, установленными «Положением о порядке организации системы управления окружающей средой» и другими внутренними



нормативными документами электростанции.

Производственный контроль выбросов осуществляется в соответствии с «Правилами организации контроля выбросов в атмосферу на тепловых электростанциях и в котельных» (РД 153-34.0-02.306-98) по плану-графику контроля соблюдения установленных нормативов выбросов, включенного в проект нормативов ПДВ.

Периодический контроль выбросов осуществляет персонал аккредитованной санитарно-промышленной лаборатории (СПЛ) (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.51-50-52) совместно с цехом наладки и испытаний (ЦНИИ). Контролю подлежат выбросы нормируемых загрязняющих веществ: - оксид азота; - диоксид азота; - оксид серы; - оксид углерода; - мазутная зола (в пересчете на ванадий). При контроле определяются выбросы: максимальные в г/с и суммарные (за длительный период – месяц, квартал, полугодие, год) в тоннах.

№	Валовые и удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на отпуск электроэнергии и тепла, и на единицу использованного условного топлива	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
1.	Валовые выбросы, тонн	25627,87	20618,71	17002,23	6996,25
2.	Удельные выбросы:				
	г/кВт.час	7,66	6,56	5,23	2,39
	кг/Гкал	2,31	1,93	1,52	0,69
	кг/т.у.т.	10,01	8,59	6,95	3,20

Таблица 1.

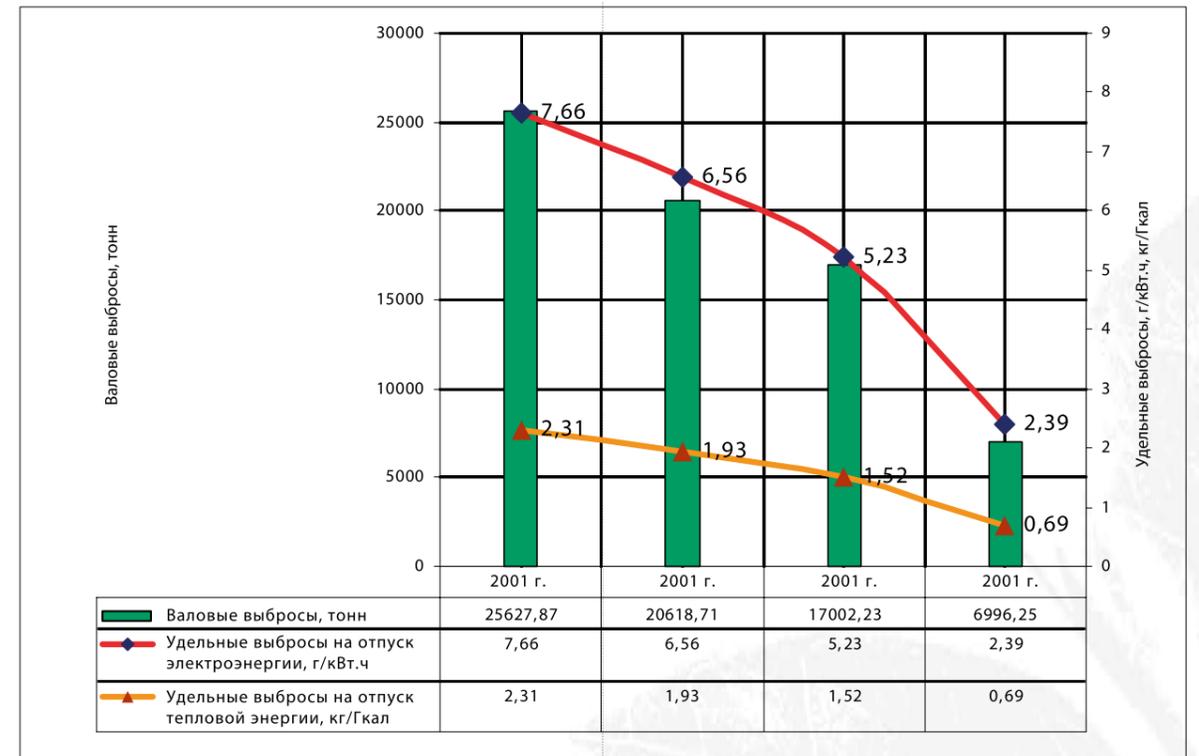
При определении качественного и количественного состава в уходящих от котлов газах измеряются концентрации оксидов азота (NO<sub>x</sub>), диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и оксида углерода (CO). По результатам замеров массовых концентраций загрязняющих веществ в отходящих от котлов газах и параметров работающих котлов выполняются контрольные расчеты выбросов для сравнения их с нормативами ПДВ. Периодичность контрольных замеров

выбросов составляет – 1 раз в квартал. Осуществляется СПЛ совместно с ЦНИИ.

Производственный аналитический контроль сточных вод осуществляет СПЛ по плану-графикам согласованным с природоохранными органами.

Персоналом СПЛ и лабораторией очистных сооружений осуществляется количественный химический анализ производственно-ливневых вод, а также недостаточно очищенных химически за-

Рис. 1. Изменение валовых и удельных выбросов загрязняющих веществ от котлоагрегатов Нижнекамской ТЭЦ-1 за 2001-2004 гг.



грязненных сточных вод, отводимых на биологические очистные сооружения ОАО «Нижнекамскнефтехим».

Нормативы сброса сточных вод в канализационные сети ОАО «Нижнекамскнефтехим» установлены двухсторонним договором.

В области воздухоохранной деятельности на Нижнекамской ТЭЦ-1 сохраняется устойчивая тенденция к снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Изменение валовых выбросов и удельных выбросов на отпуск электроэнергии и тепла с 2001 г. по 2004 г., а также удельные выбросы на единицу условного топлива (кг/т.у.т.) показаны в таблице 1 и на рис. 1, 2.

Валовые выбросы загрязняющих веществ в 2004 году составили 6996,25 тонн и оказались меньше более чем на 10000 тонн по сравнению с тем же периодом прошлого года.

Причинами, повлиявшими на снижение валовых и удельных выбросов загрязняющих веществ, кроме учета экологических режимов работы котлов при расчетах выбросов, явились также следующие: уменьшение доли сжигания мазута в общем топливном балансе с 8,8% в 2003 году до 0,4% в 2004 году; снижение объемов производства электрической и тепловой энергии на 328,3 тыс.кВт.ч и 1090,9 тыс.Гкал соответственно по сравнению с прошлым годом.

Как было уже упомянуто, определенную долю в снижение валовых и удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух внесло внедрение технологии эксплуатации котлоагрегатов в экологически чистых режимах работы на основе экологических характеристик, полученных при натурных испытаниях котлов. Данная научно-исследовательская работа была выполнена при содействии Казанского государственного энергетического университета и Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

Количество выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ по каждому котлу и в целом по объекту определяется каждый месяц с использованием «Методики определения выбросов окислов азота энергетическими котлами Нижнекамской ТЭЦ-1 с учетом их режимов работы и экологичес-

ких характеристик», которая была введена в действие на электростанции в 2003 году.

Данная методика позволяет учитывать общее время работы котла, паровую нагрузку, вид и количество сжигаемого топлива, а также время работы котла в экологических режимах. Расчеты осуществляются по специальной программе инженером-экологом.

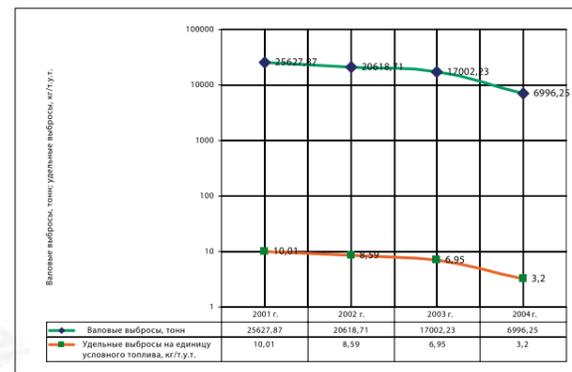
Снижение выбросов загрязняющих веществ дало также и экономический эффект. Если в 2003 году на 1 кВт.час отпущенной потребителю электроэнергии приходилось 5,23 г загрязняющих веществ, то в 2004 году на 1 кВт.час пришлось уже 2,39 г загрязнений. Соответственно экологические платежи за выбросы загрязняющих веществ в 2004 году были уменьшены более чем в 2 раза по сравнению с 2003 годом, то есть на 796,6 тыс.рублей.

В целях рационального использования и экономии водных ресурсов на Нижнекамской ТЭЦ-1 ведется планомерная работа по внедрению схем повторного использования воды, что благоприятно отражается на экономической деятельности электростанции в результате снижения потребления сырой воды и уменьшения объемов отведения сточных и сбросных вод.

Изменение годовых физических и удельных расходов воды, забранной из сетей ОАО «Нижнекамскнефтехим», а также объемы отведения сточных вод в системы канализации на биологические очистные сооружения за последние годы показано в таблице 2 и графиках 3, 4.

Благодаря проведению организационно-технических мероприятий, направленных на экономию

Рис.2. Изменение валовых и удельных выбросов на единицу использованного условного топлива от котлоагрегатов за 2001-2004 гг. на Нижнекамской ТЭЦ-1



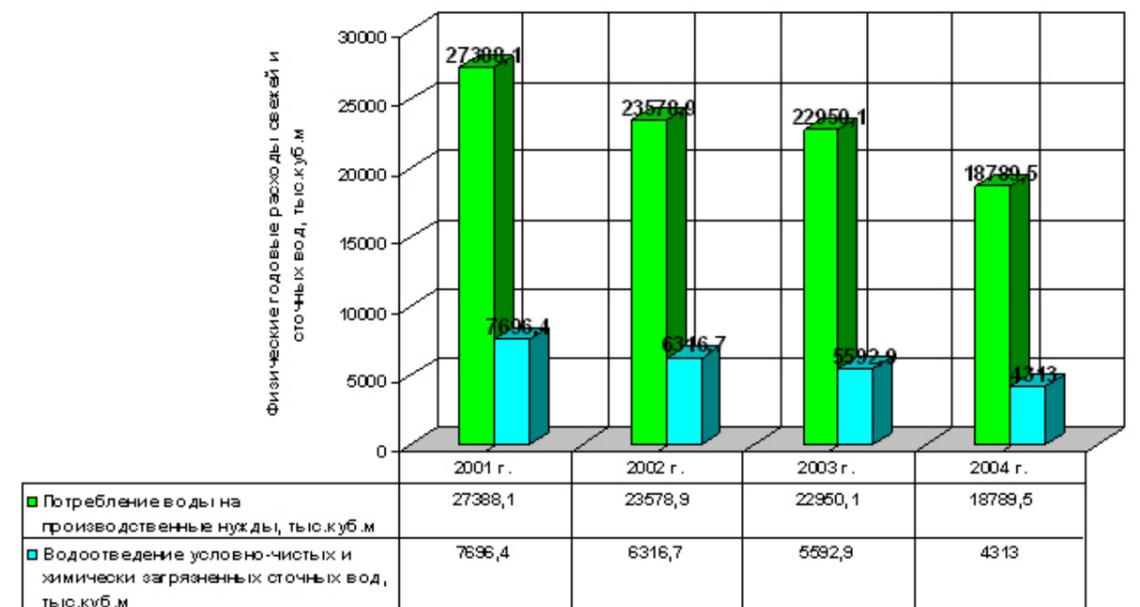
№	Физические и удельные расходы воды, использованной на собственные и производственные нужды	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
1.	Забрано свежей воды, тыс.м <sup>3</sup>	27937,2	24109,4	23285,1	18915,9
	в том числе:				
	на производственные нужды, тыс.м <sup>3</sup>	27388,1	23578,9	22950,1	18789,5
	на собственные нужды, тыс.м <sup>3</sup>	549,1	530,5	335,0	126,4
	%	98	98	98,6	99,3
	%	2	2	1,4	0,7
2.	Удельный расход воды на производственные нужды на отпущенную электроэнергию и тепло: м <sup>3</sup> /тыс.кВт.ч	8,19	7,51	7,05	6,42
	м <sup>3</sup> /Гкал	2,46	2,21	2,05	1,86
3.	Водоотведение «условно-чистых» и химически загрязненных вод в канализационные сети ОАО «НКНХ», тыс.м <sup>3</sup>	7696,4	6316,7	5592,9	4313,0

Таблица 2.

воды и сокращение потерь пара и конденсата, в 2004 году удалось снизить потребление речной воды на 4 млн. 369 тыс. кубических метров (18,8%) по сравнению с тем же периодом 2003 года. При этом потребление воды на производственные нужды сократилось на 4,16 млн. кубометров (18,1%), а на собственные нужды на 208,6 тыс.м<sup>3</sup> (62,3%).

Планомерное снижение объемов сбрасываемых производственных сточных вод за последние годы (2001–2004 гг.) произошло благодаря увеличению расхода воды в системах повторного водоснабжения в результате запланированного выполнения комплекса технических мероприятий по возврату

Рис.3. Изменение потребления воды НкТЭЦ-1 на производственные нужды и динамика водоотведения сточных вод в сети ОАО «НКНХ» за 2001-2004 гг.



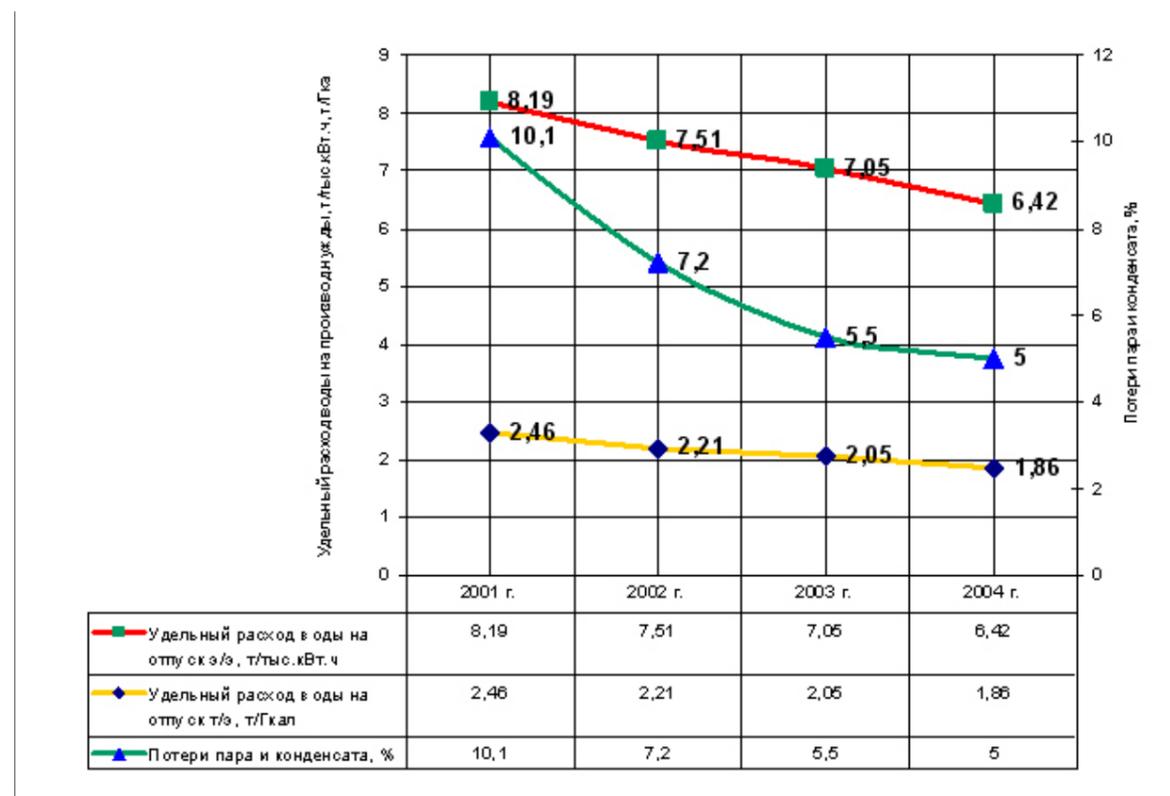


Рис.4. Изменение потерь пара и конденсата и удельных расходов воды на производственные нужды на отпуск электроэнергии и тепла за 2001-2004 гг.

условно-чистых вод в оборотную систему водоснабжения электростанции.

В целях экономии воды на собственные нужды и снижения объемов отведения сточных вод на станции внедрены и работают 14 схем повторного использования воды (это в основном кислые, щелочные, промывочные и дренажные воды в цехах химоводо-очисток, а также конденсат и дренажные воды в котлотурбинных цехах и цехе топливоподдачи).

Большой объем работ по ремонту сетей хозяйственного водопровода и организация учета водоразбора по потребителям также позволили достигнуть значительных результатов. Всего 0,7% от общего объема водопотребления ТЭЦ в 2004 году было использовано на собственные нужды, в то время как в 2003 году этот показатель составлял 1,4%.

Уменьшение общего потребления воды на Нижнекамской ТЭЦ-1 на 18,8% в денежном выражении выражается как снижение платежей поставщику воды на 9,74 млн. рублей.

Причем динамика снижения объема водопот-

ребления на ТЭЦ в последние годы сохраняется в не зависимости от объемов производства электрической и тепловой энергии. Удельные расходы воды на отпуск электроэнергии и тепла снижаются из года в год, что говорит о большой проделанной работе по экономии и повторному использованию воды в цикле электростанции.

В 2004 году на Нижнекамской ТЭЦ-1 на сетях канализации производственно-ливневых и химзагрязненных сточных вод, отводимых с территории промплощадки ТЭЦ, установлены приборы учета (Рис.6).

Инструментальный учет сточных вод позволил Нижнекамской ТЭЦ-1 уточнить ба-лансовую схему водопотребления и водоотведения, провести анализ потерь воды, рассчитать объемы загрязняющих веществ, переданных со сточными водами в системы канализации ОАО «Нижнекамскнефтехим».

В конце 2004 года и начале 2005 года на Нижнекамской ТЭЦ-1 выполнен ряд мероприятий по ремонту сетей производственно-дождевой канализации I-ой, II-ой, III-ей очередей станции и

восстановлена схема возврата условно-чистых промливневых сточных вод в систему оборотного водоснабжения ТЭЦ с учетом новых рационализаторских предложений.

В это же время в оборотную систему водоснабжения электростанции со вновь запущенного отвала шламов химоводоочистки направлен поток осветленной воды, объем которого оценивается около 350-400 тысяч кубометров в год.

При задействовании этих схем повторного использования воды приборы учета показали, что выполнение указанных работ позволит Нижнекамской ТЭЦ-1 экономить от 1,8 до 2-х миллионов тонн исходной воды. Экономический эффект от реализации мероприятий составит более 4 млн. рублей ежегодно.

Достижения Нижнекамской ТЭЦ-1 в области улучшения экологической эффективности производства были замечены и по достоинству оценены государственными органами Республики Татарстан.

Результаты улучшения экологических показателей Нижнекамская ТЭЦ-1 в 2004 году представила на республиканский конкурс «ЭКОлидер», который был организован Министерством экологии и

природных ресурсов Республики Татарстан под патронажем Кабинета Министров РТ.

В конкурсе приняли участие более 500 предприятий республики, в том числе такие крупные промышленные предприятия как ОАО «Татнефть», ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «КамАЗ», ОАО «Нижнекамский НПЗ», ОАО «Нижнекамскшина», ОАО «Казаньоргсинтез».

На торжественной церемонии награждения победителей Нижнекамская ТЭЦ-1 ОАО «Татэнерго» была награждена дипломом лауреата конкурса «ЭКОлидер» в номинации «За работу по сокращению поступления загрязнений в окружающую среду».

Министр экологии и природных ресурсов Республики Татарстан Борис Петров во время вручения диплома директору Нижнекамской ТЭЦ-1 Рамилю Хусаинову выразил уверенность в том, что на этом возможности одного из ведущих энергопредприятий ОАО «Татэнерго» далеко не исчерпаны.

## ЭКОЛОГИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЭС ОАО «ТАТЭНЕРГО»

**И.Ш.Фардиев (ОАО «ТАТЭНЕРГО»), В.С.Петин (ЗАО НПГ «Прессмаш-Экотех-99» г. Челябинск), И.А.Закиров (фил-л ОАО «Генерирующая компания» Казанская ТЭЦ-3)**

### Аннотация:

Вода определяет качество жизни и является стратегическим ресурсом, значение которого неуклонно возрастает с каждым годом. Дефицит воды во многих районах мира, загрязненность окружающей среды, делающая во многих случаях водные запасы непригодными к потреблению, повышают актуальность разработки новых, высокоэффективных и экономичных технологий в области водоочистки и водоподготовки.

Тепловые электростанции (ТЭС) Татарстана – это мощные производители тепловой и электрической энергии в РФ. Одновременно они являются и крупнейшими производителями обессоленной воды (более 30 млн. м<sup>3</sup>/год), необходимой для восполнения пароводяных потерь и ведения технологических процессов на ТЭС. В настоящее время производство обессоленной воды на ТЭС осуществляется, в основном, химическими методами, что связано со значительными производственными издержками и вредным воздействием на водоисточники из-за потребления большого количества хим-реактивов и смол, которые с отработанными регенерационными растворами сбрасываются в водоемы. Для примера, при химическом

обессоливании, при извлечении из воды 1 кг солей, требуется до 2-3 кг реагентов, следовательно, в водоем сбрасывается в три, четыре раза больше солей, чем извлекается, что резко повышает минерализацию водоемов и приводит к их деградации. Поэтому задачи удешевления подготовки обессоленной воды и снижения сбросов солей в водоемы для энергосистемы весьма актуальны и своевременны.

Примером профессионализма и большого внимания к политике энергосбережения и экологической безопасности производства можно отнести работу руководителей ОАО «Татэнерго», уделяющих большое внимание данной проблеме. Это одна из немногих энергосистем, где внедряются самые передовые и экологически чистые технологии в области подготовки воды и направленные на снижение загрязнения окружающей среды и уменьшения вредного воздействия ТЭК на экологию.

Надежность и экономичность работы ТЭЦ во многом определяется качеством подпиточной воды для котельных агрегатов и систем теплофикации. ТЭК и многие отрасли промышленности, нуждаются в производстве воды для технологических целей очень высокого качества. Содержание солей в этой воде должно быть в десятки тысяч раз меньше чем в исходной природной воде. Производство воды такого качества дорогостоящее мероприятие и оказывающее наиболее сильную нагрузку на водоемы.

Повысить эффективность подготовки воды и существенно снизить вредное воздействие на экологию стало возможным за счет применения новейшего оборудования испарителей мгновенного вскипания ИМВ «ЭКОТЕХ» – это оборудование выполнено на основе современных патентных решений в области термического обессоливания, отличающиеся от прежних испарителей, компактностью и высокой тепловой экономичностью, успешно сегодня работающих в ОАО «ТАТЭНЕРГО», ОАО «САМАРАЭНЕРГО», ОАО «БАШКИРЭНЕРГО», ОАО «АМУРЭНЕРГО».

В недавнем прошлом технология термического обессоливания была мало востребована из-за своей большой энергоемкости и затрат на изготовление (металлоемкость, большие размеры и т.д.). Разработчикам удалось оптимизировать технологические процессы, резко сократить энергоем-

кость производства и значительно уменьшить размеры испарителя, в отличие от изготавливаемых в 70-80-е годы.

ИМВ «ЭКОТЕХ» на производительность 50 тонн/час состоит из двух прямо-угольных корпусов, каждый размером 6х5х1,4м (высота, длина, ширина) и выдает очень высокое качество обессоленной воды ( $Na^+ = 3...15$  мкг/кг,  $SiO_3^{-2} = 2...15$  мкг/кг, жесткость = 0,2...0,8 мкг-экв/кг, электропроводность = 0,3...0,8 мкСм/см).

С внедрением технологии термообессоливания на базе ИМВ «ЭКОТЕХ»

- во-первых, достигаются неоспоримые экологические преимущества по сравнению с самыми современными технологиями химического обессоливания, для которых даже при расходе реагентов близких к стехиометрическому содержанию солей в сбрасываемых (продувочных) водах, будет в 2 раза превышать их содержание от исходной воды, а для ИМВ «ЭКОТЕХ» этот показатель будет приближен к единице;

- во-вторых, по опыту пятилетней эксплуатации комплекса термообессоливания на Уфимской ТЭЦ-2 снижены издержки на производство обессоленной воды по сравнению с традиционной установкой химического обессоливания, только за счет уменьшения расхода реагентов на 350 тонн в год.

На Казанской ТЭЦ-3 тепло ИМВ «ЭКОТЕХ» используется для вакуумной де-аэрации потоков воды, идущих на питание МИУ и ИМВ. В разработанных технических решениях Набережночелнинской ТЭЦ без дополнительного оборудования и затрат возможно осуществлять подогрев подпиточной воды теплотрассы и деаэрацию.

Получение воды высшей степени очистки на ИМВ «ЭКОТЕХ» заключается в генерации пара за счет адиабатного вскипания воды, причем этот процесс осуществляется при низких температурах 35...1000С и в свободном объеме, что делает возможным их работу на воде, прошедшей упрощенную обработку. На рис. 1 представлена принципиальная схема этого испарителя.

ИМВ «ЭКОТЕХ» мало чувствительны к механическим, органическим и минеральным (накипеобразующим) примесям в исходной воде. Это обстоятельство в сочетании со ступенчатостью



Новые испарители ИМВ «ЭКОТЕХ» производительностью 100 т/ч на Казанской ТЭЦ-3

процесса упаривания исходной воды в двух корпусах за счет последовательной схемы питания и позволяет заменить химические методы обработки исходной воды на коррекционные, основанные на дозировании в исходную осветленную воду небольшого количества реагентов, ингибирующих процессы накипеобразования и резко снижающих интенсивность железноокислых отложений. Доза реагентов не превышает 3 мг/л.

Принципы действия реагентов, обычно это полимерные органические фосфонаты, комплексоны (ИОМС, ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn, ПАФ-13), основаны на предотвращении образования и роста отложений за счет блокировки центров кристаллизации.

Технологические и экологические преимущества запатентованной отечественной технологии подготовки воды для энергетики на ИМВ «ЭКОТЕХ» очевидны и достигаются за счет:

- применения в качестве источника тепла отработанного низкопотенциального пара давлением менее 1,2 атм;
- генерации пара в условиях вакуума (низкие

- температуры) в свободном пространстве;
- организации оптимальных процессов паросепарации в условиях малых высот камер испарения (0,4-0,7м), обеспечивающих влажность пара  $2 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$  кг/кг;
- термического совершенства процессов генерации пара, остаточное «непрокипание» менее 0,10С;
- оптимальной организации паровых потоков пара в конденсаторах испарителя, обеспечивающих рациональное омывание теплообменных пучков труб и локализацию неконденсирующихся газов;
- применения эффективных антинакипинов, ступенчатого процесса испарения;
- оптимальной тепловой схемы ИМВ «ЭКОТЕХ», обеспечивающей включение его по эквипотенциальной схеме (без потерь потенциала пара) с возвратом использованного тепла в цикл теплоэлектростанции или предприятия и выработку до 10т обессоленной воды на 1т греющего пара.
- энергетические затраты составляют всего 2,5 кВт на 1 тонну обессоленной воды со стоимостью от 5 руб/тонна;
- срок службы не менее 20 лет при окупаемости 2-3 года.

Успешный опыт более чем пятилетней эксплуатации десяти водоподготовительных комплексов на базе ИМВ «ЭКОТЕХ» на теплоэлектростанциях в разных энергосистемах РАО «ЕЭС России» и на разных водах, а также на промышленных предприятиях показал конкурентные преимущества и высокую эффективность этой технологии по сравнению с существующим химическим обессоливанием. Так, например, стоимость получаемой

Таблица 1. Сравнение МИУ и комбинированной испарительной установки.

Состав оборудования	Тип испарительной установки	
	МИУ-100	МИУ-100 + ИМВ «ЭКОТЕХ»
1. Производительность, т/ч	100	160
2. Расход греющего пара, т/ч	22	22
3. Удельная металлоемкость, т/т	2,4	1,9
4. Удельная выработка, т/т (п1:п2)	4,54	7,27
5. Избыточный пар, т/ч	12,8	0

обессоленной воды на ИМВ «ЭКОТЕХ» более чем в два раза меньше стоимости обессоленной воды, полученной по традиционной технологии, а расход реагентов может быть уменьшен в сотни раз. Технология оснащена современной распределенной интегрированной системой управления на основе микропроцессорной техники и регулируемого привода и 100% автоматизирована. Присутствие лю-дей минимально.

Сравнительные данные этого оборудования по сравнению с самыми современными зарубежными аналогами показывают её высокую конкурентоспособность и превосходство.

Использование ИМВ «ЭКОТЕХ» существенно упростит систему водоподготовки, что позволит получить неоспоримые экономические преимущества по сравнению с использованием современных реагентов и технологий обратноосмотического и химического обессоливания, что в целом даст значительный экономический эффект в любой отрасли промышленности.

Актуальность направления и внедрения термообессоливающих комплексов на базе ИМВ «ЭКОТЕХ» в энергосистемах может осуществляться в трех направлениях:

Первое направление связано с повышением тепловой эффективности работы автономных многоступенчатых испарительных установок (МИУ), например, на Казанской ТЭЦ-3. Известно, что МИУ, особенно, в летний период нуждаются в утилизации избыточного низкопотенциального пара последней ступени и расширительного бака. Такое положение дел вынуждает персонал ТЭЦ сбрасывать часть пара в атмосферу или уменьшать производительность МИУ, что неприемлемо из-за необходимости содержать резервные химобессоливающие установки. В этой связи, на Казанской ТЭЦ-3 на избыточном паре был установлен ИМВ «ЭКОТЕХ», который в качестве греющего пара использовал этот избыточный пар МИУ.

Реализация такой комбинированной технологической цепочки из двух испарительных установок, одна из которых работает в диапазоне температур 180...110°C, а вторая 110...40°C позволила увеличить выработку дистиллята с 100 т/ч до 160 т/ч практически при постоянном расходе греющего пара на МИУ, что существенно повысило эффективность работы МИУ и снизило стоимость дис-

тиллята за счет снижения её топливной составляющей.

В табл.1 видно, что удалось полностью использовать избыточный пар МИУ и существенно снизить издержки на тепло при производстве дистиллята.

Снижение расхода топлива на производство дистиллята на комбинированной установке составляет  $\pm 5,5$  кг у.т./т или 7040 т у.т./год по сравнению с МИУ (без ИМВ «ЭКОТЕХ»), а потребление кислоты и щелочи в химцехе ТЭЦ снижено на  $\pm 965$  т/год за счет замещения химически обессоленной воды дистиллятом, что благотворно сказалось на прилегающие к ТЭЦ водоисточники. Таким образом, за счет реализации комбинированной схемы обеспечена бесперебойная работа МИУ в летний период на максимальной производительности без сброса в атмосферу избыточного пара (до 10 т/ч), что повысило надежность работы МИУ в обеспечении ТЭЦ обессоленной водой и позволило получить дополнительную экономию топлива  $\pm 1200$  т у.т./год за счет исключения сброса тепла (и конденсата) в атмосферу. С вводом на ТЭЦ ИМВ «ЭКОТЕХ» на второй нитке суммарная производительность термообессоливающего комплекса (2хМИУ+2хИМВ) составила 340 т/ч (летом) и 400 т/ч (зимой), а годовая экономия топлива не менее 16000 т у.т./год по сравнению с работой МИУ, что важно в связи с ожидаемым многократным ростом цен на топливо.

Такое увеличение выработки дистиллята на ТОК, составляющее более 85% потребности ТЭЦ в обессоленной воде, позволило станции вывести из эксплуатации значительную часть морально и физически устаревшего оборудования химцеха.

Второе направление связано с внедрением ИМВ «ЭКОТЕХ» в схемах подпитки теплосети. Как видно из рис.1. в последних ступенях испарителя осуществляется отвод тепла для подогрева собственной питательной воды или сторонних технологических потоков. На ТЭЦ с большим расходом подпиточной воды теплосети (Набережночелнинская ТЭЦ) представляется возможным значительно упростить конструкцию ИМВ «ЭКОТЕХ», уменьшив количество ступеней с 18 до 9 и снизить металлоемкость ИМВ «ЭКОТЕХ» практически в два раза. Это позволило разработать для данной ТЭЦ компактную термообессоливающую установку на 200 т/ч состоящую из четырех прямо-

угольных колонн каждая размером 1,8х6,5х7,0м (ширина, длина, высота).

Каждый ИМВ «ЭКОТЕХ» потребляет пар теплофикационного отбора в количестве 12 т/ч, который идет на выработку дистиллята в количестве 50...55 т/ч и подогрев 250...300 м<sup>3</sup>/ч подпиточной воды теплосети перед вакуумными деаэраторами в последних ступенях ИМВ «ЭКОТЕХ». Таким образом, все тепло греющего пара ИМВ «ЭКОТЕХ» используется в цикле ТЭЦ. В данном случае этим паром подогревается 1000...1200 м<sup>3</sup>/ч подпиточной воды теплосети и осуществляется вытеснение пара высокого потенциала (3-6 ат), используемого для подогрева питательной воды теплосети в схеме вакуумных деаэраторов, что дает дополнительную экономию топлива не менее 10280 т у.т./год.

Следует заметить, что при подпитке теплосети в количествах 1500...3500 м<sup>3</sup>/ч всегда будет обеспечен расход охлаждающей воды на ИМВ «ЭКОТЕХ» в требуемом количестве (100...1200 м<sup>3</sup>/ч), при котором будет произведено 200...220 т/ч обессоленной воды.

Расчеты показывают, что стоимость получаемого дистиллята на комплексах «ЭКОТЕХ» в два раза меньше, чем вырабатываемая сегодня химцехом ТЭЦ обессоленная вода. Срок окупаемости не превысит 2-3 года.

Третье направление связано с использованием автономных ИМВ «ЭКОТЕХ» на исходной воде, отличающейся повышенной минерализацией, например, на Заинской ГРЭС.

Представляется целесообразным рассмотреть возможность получения обессоленной воды в количестве 200 т/ч для ГРЭС на ИМВ «ЭКОТЕХ», использующих в качестве исходной воды дешевую воду водохранилища, стоимость которой не превышает 0,5 руб/м<sup>3</sup> и количество которой не лимитировано. В качестве источника тепла может быть использован пар общестационарного коллектора собственных нужд, поступающий из низкопотенциальных отборов турбин.

Обессоливание воды на ИМВ «ЭКОТЕХ», работающих на воде водохранилища по сравнению с обессоливанием воды из р. Кама другими методами, позволит сэкономить не менее 30-40 млн. руб./год, а срок окупаемости единовременных затрат на испарителях не превысит 2-х лет.

Разработчики энергоэффективной и экологически чистой технологии термообессоливания на базе ИМВ «ЭКОТЕХ» удостоены Государственной Премии Республики Татарстан в области науки и техники за 2003 год.

За разработку и успешное внедрение инновационного оборудования в Российской Федерации ЗАО Научно-промышленная группа «ПРЕС-СМАШ-ЭКОТЕХ-99» награждена медалями и многочисленными грамотами и отмечена Представителем Президента в УрФО, Министерством энергетики РФ, Министерством промышленности, науки и технологии РФ, Губернатором Челябинской области.

За выдающиеся достижения по снижению вредного воздействия на окружающую среду и обеспечению экологической безопасности компания в 2005 году награждена Высшей общественной наградой России в области экологии, Национальной премией «ЭкоМир», учрежденной Российской Академией естественных наук (РАЕН) г. Москва.

Таким образом, внедрение технологии термического обессоливания в тепло-энергетике и на предприятиях Татарстана, где требуется качественная вода, позволит значительно снизить производственные издержки за счет многократного снижения потребления химреагентов, уменьшения сбросов химзагрязненных стоков, что существенно улучшит состояние экологии и прилегающих водоемов для использования их в дальнейшем.

## Содержание

<b>1. Перечень эффективных экологических проектов, внедренных на энергопредприятиях</b>	
<b>БЕ – 1 ОАО РАО «ЕЭС России» в 2001-2004 гг.</b>	6
1.1. Охрана окружающей среды на филиалах ОАО Мосэнерго	8
<b>2. Эффективные экологические проекты, внедренные на энергопредприятиях</b>	
<b>БЕ-2 ОАО РАО «ЕЭС России»</b>	
<b>2.1. ОАО «Березовская ГРЭС»</b>	12
<b>2.2. ОАО «Ивановская генерирующая компания»</b>	
2.2.1. Реконструкция Ивановской ТЭЦ-1	14
<b>2.3. ОАО «Ириклинская ГРЭС»</b>	17
<b>2.4. ОАО «Кузбассэнерго»</b>	
2.4.1. Повышение экологической эффективности, надежности и экономичности работы котлов ОАО «Кузбассэнерго», переведенных на ступенчатое сжигание кузнецкого угля по разработкам МЭИ	17
<b>2.5. ОАО «Красноярскэнерго»</b>	
2.5.1. Реконструкция котлов ПК-38 ст. № 3А и 4Б Назаровской ГРЭС (ОАО «Красноярскэнерго») по проекту ООО «Политехэнерго»	20
<b>2.6. ОАО «Нижегородская генерирующая компания»</b>	
2.6.1. Система каталитической очистки дымовых газов - установка «ДЕНОКС» на Дзержинской ТЭЦ	21
2.6.2. Система мониторинга вредных выбросов по проекту Тасис ERUS 9703 «Оптимизация работы Сормовской ТЭЦ»	22
<b>2.7. ОАО «Пермская ГРЭС»</b>	23
<b>2.8. ОАО «Самараэнерго»</b>	
2.8.1. Разработка технологии и установок очистки дымовых газов тепловых электростанций и котельных от оксидов азота с использованием метода селективного некаталитического восстановления (СНКВ)	25
<b>2.9. ОАО «Саратовэнерго»</b>	29
<b>2.10. Свердловский филиал ОАО «ТГК-9»</b>	
2.10.1. Экологически безопасное, экономичное сжигание газа и мазута на котлах старых энергоблоков	31
2.10.2. Новый кольцевой конический эмульгатор	33
2.10.3. Эффективность биологического способа борьбы с зарастанием и цветением водохранилищ-охладителей Среднего Урала	34
<b>2.11. ОАО «Ставропольская ГРЭС»</b>	37
2.11.1. ОРАШ-технология системы предварительной очистки воды	38
<b>2.12. ОАО «Тюменьэнерго»</b>	43
<b>2.13. ОАО «Челябинская генерирующая компания»</b>	
2.13.1. Утилизация золошлаковых отходов Челябинской ТЭЦ-2 на Заводе эффективного силикатного кирпича	44
2.13.2. Внедрение рециркуляции газов на Челябинской ТЭЦ-3	45
<b>3. Эффективные экологические проекты, внедренные на энергопредприятиях</b>	
<b>БЕ «СЕРВИС» ОАО РАО «ЕЭС России»</b>	
<b>3.1. ОАО «Сочинская ТЭС»</b>	48
<b>3.2. ОАО «Инженерный центр ЕЭС – филиал «Фирма ОРГРЭС»</b>	50
<b>4. Эффективные экологические проекты, внедренные в энергокомпаниях, не входящих в Холдинг ОАО РАО «ЕЭС России»</b>	
<b>4.3. ОАО «Татэнерго»</b>	XX
4.3.1. Нижнекамская ТЭЦ ОАО «Татэнерго»	56
4.3.2. Экологичная технология водоподготовки на ТЭС ОАО «Татэнерго»	63

Сборник подготовлен по поручению ОАО РАО «ЕЭС России»  
 Центром энергоэффективности ЕЭС при участии экспертов  
 Энергетического углеродного фонда, ОАО «ЭНИН», ОАО «ВТИ».

