

УЧРЕДИТЕЛИ:  
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
РОССИЙСКОЕ ОАО ЭНЕРГЕТИКИ И  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ",  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ  
"КОРПОРАЦИЯ ЕЭС",  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИРМА "ЭНЕРГОПРОГРЕСС",  
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО  
ЭНЕРГЕТИКОВ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ

Издается  
с января 1930 года



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# Электрические станции 10<sub>2002</sub>

## Содержание

### К 10-летию ТЭЦ-27 МОСЭНЕРГО

- 2 **Долинин И. В.** ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго – 10 лет
- 7 **Долинин И. В., Иванов А. Б.** Развитие ТЭЦ-27: паровой энергоблок или ПГУ
- 12 **Романовский С. П., Долинин И. В., Иванов А. Б.** ТЭЦ-27 Мосэнерго приглашает инвесторов
- 15 **Макаров О. Н., Вавилов Д. Ю., Негазов С. Н.** Опыт эксплуатации головных образцов турбогенераторов на ТЭЦ-27 Мосэнерго
- 22 **Долинин И. В., Тарасов Д. В.** АСУ ТЭЦ-27. Разработка, освоение и развитие
- 31 **Зенова Н. В.** Химико-технологический мониторинг ТЭЦ-27 Мосэнерго
- 36 **Тарасов Д. В., Мансуров А. А., Бедрин Б. К.** Модернизация АСУ ТП ХВО на ТЭЦ-27

41 **Макаров О. Н., Вавилов Д. Ю.** Опыт эксплуатации элегазового оборудования 220 кВ на ТЭЦ-27 Мосэнерго

44 **Тришкин С. К., Иванов А. Б.** Организация ремонтного обслуживания насосного оборудования ТЭЦ-27 и проводимые реконструкции насосов

47 **Иванов А. Г.** Санитарно-защитная зона ТЭЦ-27

49 **Дмитриев Е. А., Ершов В. В., Карпов В. Б.** Охрана труда и промышленная безопасность на ТЭЦ-27

52 **Макаров О. Н., Андреев С. Н., Вавилов Д. Ю.** Вопросы создания и внедрения на базе ПТК "КВИНТ" тренажера по переключениям в электрической части ТЭЦ-27

55 **Аракелян Э. К., Горюнов И. Т., Долинин И. В., Андреев С. Н.** О работе филиала кафедры АСУ ТП Московского энергетического института на ТЭЦ-27

### ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

61 **Лундквист Р. Г.** Технология сжигания в циркулирующем кипящем слое

\* \* \*

68 **Лошак С. Б.** (К 70-летию со дня рождения)

## ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго – 10 лет

**Долинин И. В.**, канд. техн. наук, директор ТЭЦ-27



В декабре 2002 г. исполняется 10 лет ТЭЦ-27 (Северная ТЭЦ) Мосэнерго.

10 лет – небольшой возраст для теплоэлектроцентрали, но и достаточный для того, чтобы подвести некоторые итоги.

Строительство Северной ТЭЦ осуществлялось в соответствии с энергетической программой развития г. Москвы и Московской обл. Руководство Мосэнерго и правительство Москвы всерьез волновало то обстоятельство, что к середине 80-х годов дефицит тепла в северных районах Москвы проявлялся уже достаточно остро. Поручения по строительству ТЭЦ были даны в соответствующем постановлении Совета Министров СССР в 1984 г., а в 1987 г. проект на строительство первой очереди ТЭЦ, разработанный институтом Мосэнергопроект, был утвержден после согласования в установленном порядке со всеми контролирующими и природоохранными органами. И с 1987 г. строительно-монтажные работы на площадке ТЭЦ были развернуты полным ходом.

Будущее казалось безоблачным, четко работала советская система принятия решений о вводе новых объектов экономики, централизованно выделялись ресурсы и финансирование на строительство.

Начало строительства ТЭЦ пришлось на получивший историческое название период перестройки. Страна переходила на путь рыночных преобразований и демократического развития. Этот пери-

од характеризовался появлением большого числа всевозможных общественных объединений и движений, в том числе и радикальных, свободными выборами в Советы народных депутатов всех уровней и органы самоуправления.

Прошло совсем немного времени после чернобыльской катастрофы, достоянием гласности становилась обширная информация, которая говорила о неблагополучной экологической обстановке в стране и ведомственном характере принятия важных хозяйственных решений. Появилась реальная возможность открыто высказывать и отстаивать свое мнение по всякому вопросу и общество бурлило.

Некоторые кандидаты в депутаты Советов народных депутатов избрали основным тезисом своей предвыборной программы закрытие строительства Северной ТЭЦ. Это повлияло на умы определенной части избирателей.

В возникших сложных условиях московские энергетики, руководство строящейся Северной ТЭЦ, стремясь с присущим им профессионализмом и ответственностью за теплоэлектроснабжение Москвы к безусловному выполнению плана строительства и ввода ТЭЦ, не уделили должного внимания диалогу энергетиков с экологами, "зелеными", общественностью.

Результатом стало обострение конфликта: "зеленые" были больше озабочены уже тем, чтобы не подорвать своего имиджа, а инженеры – реализацией проекта. Все чаще выступления общественности перерастали в акции, в процессе которых звучало отрицание всякого расширения хозяйственной деятельности, и в этой атмосфере сама оценка воздействия проекта на окружающую среду была практически забыта.

В результате активного протesta ряда неформальных организаций Москвы и Московской обл., "зеленых", а также некоторых народных депутатов СССР строительство Северной ТЭЦ было приостановлено.

Становилось понятно, что подходить со старыми мерками к строительству новых энергетических объектов уже нельзя. К энергетикам приходило осознание неадекватности экономической политики в стране и необходимости комплексной оценки экологических последствий всякой хозяйственной деятельности. Начался длительный, во многом драматичный процесс формирования диалога энергетиков – проводников проекта ТЭЦ и представителей общественности, "зеленых", населения, т.е. той части общества, которая будет находиться в зоне воздействия строящегося объекта.

Неоценимую роль в этом позитивном, созидаельном процессе, сыграл Н. И. Серебряников, в то время генеральный директор ОАО Мосэнерго, который одним из первых осмыслил происходящие перемены. Он принимал самое активное участие во встречах с представителями "зеленых", общественности и контролирующих органов, учредил в генеральной дирекции Мосэнерго службу экологии, а затем и пресс-центр для организации и освещения в прессе работы с общественностью и сам практически возглавил эту работу.

Немаловажную роль в этом процессе сыграло московское правительство в своей твердой позиции обеспечения Москвы теплом.

Медленно, буквально по крупицам, после многочисленных встреч, экспертиз и совещаний на всевозможных уровнях, огромной разъяснительной и просветительской работы зарождались ростки взаимного доверия и понимания того, что строить надо взвешенно, качественно и во всех отношениях безопасно.

Результатом этого нового для России процесса явилось принятие беспрецедентного, но, как подтвердило время, единственно правильного решения: проект Северной ТЭЦ необходимо пересмотреть и скорректировать с целью минимизации вредного воздействия на окружающую среду. Для этого требуется применить в проекте самые передовые достижения в энергетическом машиностроении, в технологии сжигания топлива, в очистке отходящих дымовых газов котлов и в других аспектах воздействия ТЭЦ на окружающую среду.

В этой связи были организованы дополнительные экологические экспертизы проекта: Мосгорэкспертизой, Академией медицинских наук РАН, Госкомприродой СССР, Главгосэкспертизой РСФСР.

По замечаниям и предложениям экспертиз, при широком и активном участии специалистов Мосэнерго проект был существенно изменен и направлен сначала на проведение независимой экспертизы зарубежными специалистами, которую выполнила финская фирма IVO International LTD, а затем представлен на совместную государственную экспертизу Мособлкомприроды и Москомуприроды.

В результате всей этой работы проект Северной ТЭЦ стал экологически безопасным.

При этом в сводном заключении экспертизы был сделан вывод о том, что строительство Северной ТЭЦ по откорректированному проекту возможно только при условии проведения эффективных мероприятий по снижению выбросов в атмосферу других предприятий Мосэнерго, что при полной реализации проектных решений и компенсационных мероприятий и обеспечит допустимый уровень воздействия на воздух, почву, поверхностные воды и растительность. Другими словами, пуск Северной ТЭЦ не должен привести к увеличению вредного воздействия на окружающую среду. Вот такое было поставлено условие!

Незамедлительно в Мосэнерго была организована работа с заводами – изготовителями энергетического оборудования, планируемого к поставке на ТЭЦ, по вопросам улучшения его экологических характеристик и обширный поиск новых решений на пути к экологической безопасности.

В это же время в Мосэнерго была подготовлена программа по реконструкции топок котлов закритического давления блоков 250 МВт ТЭЦ-21 и -23 с целью радикального снижения выбросов оксидов азота в атмосферу и началась ее реализация.

Весь проект первой очереди ТЭЦ был поделен на пусковые комплексы и каждый из них прошел рассмотрение и согласование в государственных контролирующих органах. Строительство и ввод энергетического оборудования велись строго по согласованным пусковым комплексам с обязательным выполнением на вводимом оборудовании всех природоохранных мероприятий: по охране воздушного и водного бассейнов, защите от шума и инфразвука, электромагнитных полей, вибрации, аттестации рабочих мест, экологическому обучению и воспитанию персонала, благоустройству и озеленению территории.

Все законченные строительством пусковые комплексы Северной ТЭЦ были рассмотрены и принимались в эксплуатацию государственными приемочными комиссиями. С пуском первого энергетического оборудования на ТЭЦ-27 была разработана и принята долговременная экологическая программа, имеющая своей целью организацию наблюдения за распространением шумов, состоянием воздушного и водного бассейнов в зоне возможного влияния ТЭЦ. Эта работа проводится силами промышленной лаборатории ТЭЦ-27, Мосэнергоналадки, Московского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Московской эколого-юридической службы (по договорам). Получена систематизированная широкая база данных более чем за 5 лет наблюдений. Отчетные данные свидетельствуют о соблюдении всех согласованных норм сброса и выбросов и минимальном влиянии ТЭЦ-27 на окружающую среду.

Так случилось, что Северная ТЭЦ стала тем "пробным камнем" для общества, который сначала разъединил нас, а затем объединил на платформе понимания того, что за комфорт проживания надо платить, в том числе и в виде компенсационных мероприятий по снижению воздействия промышленных объектов на окружающую среду.

А энергетикам ТЭЦ-27 и Мосэнерго пришлось изрядно "позеленеть". После такой серьезной школы, когда вопрос стоял буквально "быть или не быть", на ТЭЦ-27 никогда, вот уже 10 лет, не ослабевает экологическая работа, мы повышаем свое образование и культуру, поддерживаем и развиваем контакты с природоохранными органами. На нашей ТЭЦ всегда открыты двери для представителей общественности, "зеленых", средств массовой информации и контролирующих органов.

Специалистами ТЭЦ-27 разработан и внедрен экологический мониторинг электростанции, который представляет собой информационно-управляющую систему для оперативного контроля и управления режимами работы энергетического оборудования и электростанции в целом по экологическим показателям, а также для расчета валовых выбросов нормируемых вредных веществ в атмосферу и степени влияния ТЭЦ как источника выбросов в окружающую среду.

В процессе выбора оборудования, строительства и эксплуатации ТЭЦ были успешно решены и многие другие вопросы, имеющие экологическую направленность. Вот только некоторые из них:

с реконструкцией Московской кольцевой автодороги организован полноценный второй (резервный) источник газоснабжения ТЭЦ;

на ТЭЦ эксплуатируются газоплотные котлоагрегаты с модернизированными горелками, ступенчатой технологией сжигания газа и низким уровнем шумов;

на основном и вспомогательном оборудовании проведены эффективные мероприятия по снижению и подавлению шума;

работающие турбогенераторы имеют водяную (ст. № 1) и воздушную (ст. № 2) системы охлаждения, где полностью отсутствует взрывопожароопасный водород;

в главном распределительстве ТЭЦ впервые применено электросиловое оборудование с элегазовой изоляцией, все токоведущие части которого экранированы.

Отдельного внимания, на мой взгляд, заслуживает устройство на Северной ТЭЦ очистки отходящих дымовых газов котлов от оксидов азота – одной из наиболее вредных составляющих продуктов горения топлива.

В российской энергетике примера подобной установки газоочистного оборудования не было. Несмотря на активную поддержку со стороны Мосэнерго найденного после широкого поиска и долгих переговоров отечественного разработчика, затраты усилий, времени и средств, получить катализатор, необходимый для восстановления оксидов азота, в России не удалось. Было принято решение: для новой, экологически чистой электростанции, как головного объекта, искать зарубежного поставщика, имеющего опыт проектирования, изготовления и эксплуатации требуемого оборудования.

В короткий срок специалисты Мосэнерго ознакомились с зарубежным опытом строительства и эксплуатации установок по каталитическому разложению оксидов азота в уходящих газах энергетических котлов в Японии, Германии, Швеции, Австрии и Дании.

К концу 1993 г. появилась возможность приобретения азотоочистной установки Денокс для энергоблока ст. № 1 ТЭЦ-27 за счет собственных средств Мосэнерго. Для реализации этого пионер-

ного для отечественной энергетики проекта было привлечено ВО “Технопромэкспорт”, имеющее большой авторитет и опыт работы с иностранными партнерами, были обговорены необходимые условия, и начались переговоры с ведущими мировыми фирмами, работающими в области газоочистных технологий. Были изучены и обсуждались предложения немецкой фирмы Steinmüller, шведской ABB Flakt AB, австрийской фирмы Austrian Energy Environment SGP/WAAGNER-BIRO GMBH, датской фирмы Haldor Topsoe A/S и двух японских фирм Hitachi LTD и Mitsubishi Heavy Industries LTD. Были рассмотрены все основные аспекты предложений: технический уровень решений и характеристики установок, возможность применения на отечественных котлоагрегатах и в российских климатических условиях, пути реализации проекта в целом, его стоимость и гарантийные обязательства.

В результате проведенного конкурса для реализации проекта по ТЭЦ-27 была выбрана датская фирма Haldor Topsoe A/S. Безусловно, выбор подрядчика был основан, прежде всего, на экономических условиях, предложенных фирмой. Вместе с тем, решению Мосэнерго по выбору партнера способствовала активная работа фирмы Haldor Topsoe в России, наличие совместного с нею российско-датского предприятия и представительства в Москве, а также готовность фирмы выполнить значительную часть проекта силами российских инженеров и изготовить металлоконструкции установки (корпус реактора с аэродинамической выравнивающей решеткой, газовоздуховоды, металлоконструкции каркаса и площадки, вспомогательное оборудование и трубопроводы) на российских заводах по согласованию с заказчиком. Как и подтвердилось впоследствии, это обстоятельство значительно снизило стоимость контракта, упростило контакты и облегчило адаптацию датского проекта к российским условиям.

Российские специалисты прошли соответствующую подготовку и обучение на фирме, ознакомились с разработками в области очистки дымовых газов энергетических котлов и технологий производства катализатора, а также с действующей установкой Денокс на электростанции в Аведере (Дания) по технологии и проекту Haldor Topsoe.

Установка Денокс в составе энергоблока № 1 ТЭЦ-27 Мосэнерго явилась пионерным проектом в области газоочистных технологий в энергетике России и стала образцовым примером исполнения взаимовыгодного сотрудничества в области охраны окружающей среды.

Для изготовления оборудования для установки азотоочистки в России был использован цех нестандартного оборудования на ГРЭС-24, филиале АО Мосэнерго. Его производственная база, технологические процессы, персонал и организация технического контроля были положительно оценены датской стороной.

Надо отметить, что ГРЭС-24 оправдала все надежды. По изготовленному оборудованию для энергоблока ст. № 1, а впоследствии и для энергоблока ст. № 2 ТЭЦ-27 датские инспекции не сделали ни одного сколько-нибудь существенного замечания.

Проект был успешно завершен проведением гарантийных испытаний и в марте 1997 г. установка по очистке дымовых газов энергоблока ст. № 1 ТЭЦ-27 от оксидов азота была принята в промышленную эксплуатацию. Подтвердились все ее проектные показатели.

Благодаря применению на ТЭЦ-27 этой установки Денокс вместе с реализацией первичных режимных мероприятий при сжигании топлива (ступенчатое сжигание, рециркуляция дымовых газов в топку) содержание оксидов азота за котлом энергоблока ст. № 1 составило 15 – 30 мг/м<sup>3</sup> при норме 125 мг/м<sup>3</sup>.

При оснащении азотоочистной установкой второго блока ТЭЦ-27 был заключен прямой, без посредников, контракт между Мосэнерго и фирмой Haldor Topsoe. По предложению Мосэнерго была достигнута договоренность об увеличении в проекте доли отечественного оборудования, в основном, за счет применения контрольно-измерительных приборов российского производства, а также о снижении количества инспекций и часов работы шеф-персонала при производстве монтажных работ без снижения гарантий на установку в целом. Было решено, что управление установкой азотоочистки энергоблока ст. № 2 будут выполнять специалисты ТЭЦ-27 на программно-технических средствах, использованных в АСУ энергоблока, что повысило надежность и удобство эксплуатации. Все эти факторы привели к значительному снижению стоимости второй установки. Пуск в эксплуатацию установки Денокс энергоблока ст. № 2 был осуществлен в марте 1999 г.

В настоящее время обе установки Денокс находятся в работе, отказов и замечаний в работе не имеют. Датские и российские специалисты осуществляют наблюдение за состоянием и ресурсом катализатора установок посредством анализа контрольных образцов. Оно показывает, что примененная технология обеспечит работу катализатора со степенью очистки дымовых газов от оксидов азота до 67% на срок не менее 12 – 15 лет без замены катализатора.

Безусловным достижением ТЭЦ-27 является разработанная с непосредственным участием коллектива, внедренная и освоенная автоматизированная система управления электростанцией, чему посвящена отдельная статья в этом журнале. Впервые в истории российской энергетики на электростанции внедрен отечественный полно- масштабный программно-технический комплекс, охватывающий тепломеханическое и электротехническое оборудование. Значимость выполненного подчеркивает то обстоятельство, что работа

удостоена премии правительства России в области науки и техники за 1996 г.

Освоенная АСУ открыла практически безграничные возможности по автоматизации, диагностике, мониторингу производственных процессов и в корне изменила, улучшила характер труда персонала ТЭЦ-27. На базе АСУ мы среди немногих электростанций России внедрили химико-технологический мониторинг по контролю за состоянием водно-химического режима тепломеханического оборудования и теплосети с автоматической коррекционной обработкой питательной и котловой воды. Полученный опыт их разработки, комплектации, монтажа, наладки и эксплуатации был рассмотрен и одобрен в информационном письме № ИП 15-02-00 (ТП) "Об организации химконтроля за водно-химическим режимом энергоблоков на ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго", в котором ТЭЦ-27 рекомендована как базовое промышленное предприятие РАО "ЕЭС России" по организации автоматизированной системы химического контроля за водно-химическим режимом электростанций.

На ТЭЦ-27 создан и работает филиал кафедры автоматизированных систем управления технологическими процессами Московского энергетического института. Организовывая его, мы не рассматривали это как дань моде, а увидели в этом насущную потребность, необходимость. И вот почему. Наметившееся еще в 80-х годах отставание материально-технической базы высшей школы, а следовательно, и уровня учебного процесса от современных требований продолжалось и в 90-х годах. Стоимость современных технических средств АСУ для специальной подготовки студентов весьма велика и в нынешних условиях непосильна учебному заведению, не говоря уже об отдельной кафедре.

А на ТЭЦ-27 накоплен богатый практический опыт разработки и внедрения отечественной АСУ, который является хорошей учебной базой для института. ТЭЦ практически заинтересована в приближении вузовской науки, имеющей по-прежнему высокий научный потенциал. На филиале кафедры осуществляется подготовка молодых специалистов по разработке, проектированию, наладке и эксплуатации АСУ ТЭС, выполняются курсовые и дипломные работы, проводится переподготовка и повышение квалификации кадров для Мосэнерго, взаимные консультации специалистов МЭИ и Мосэнерго, выполняются научно-исследовательские и другие специальные работы по плану Мосэнерго. Исходя из возможностей ТЭЦ-27 выделено помещение собственно кафедры, где решаются ее организационные и практические вопросы. На станции существует технический кабинет, представляющий собой одновременно лабораторию и полигон, где мы вручаем студенту уникальный инструмент для изучения всех составляющих сложного процесса создания АСУ – от технического задания на проектирование до приемки сис-

темы в эксплуатацию (включая автоматизированное проектирование, конструирование системы, заполнение базы данных, разработку алгоритмов и мнемокадров, программное обеспечение, формирование датчиковой части, исполнительных механизмов и приводов, тестирование программно-аппаратных средств и создание автоматизированных рабочих мест). И имеется аудитория, в которой мультимедийный проектор с экраном подключен к сети верхнего уровня АСУ ТЭЦ, что позволяет в реальных условиях обеспечить изучение и демонстрацию действующей АСУ практически во всех ее аспектах.

Таким образом, не меняя традиционных форм обучения, мы участвуем в процессе наполнения их новым содержанием, что, безусловно, оказывает положительное влияние на формирование имиджа специалиста-энергетика.

ТЭЦ-27 с первых лет становления ведет строительство жилых домов в 14-м микрорайоне г. Мытищи, который географически прилегает к промплощадке ТЭЦ. За 10-летний период построено пять современных жилых домов общей площадью 56 тыс. м<sup>2</sup>, в которых проживают работники ТЭЦ и Мосэнерго; построены также торговый комплекс площадью 1600 м<sup>2</sup>, подземный гараж с автостоянкой и общеобразовательная школа на 1200 учащихся с плавательным бассейном и школой искусств, где дети энергетиков обучаются музыке, рисованию, пению и танцам. Энергетики оказывают существенную шефскую помощь в содержании и эксплуатации школы.

Много труда и энергии коллектив ТЭЦ-27 уделяет содержанию отведенной территории. Каждую пятницу вторая половина рабочего дня у нас посвящена хозяйственным работам, когда примерно 30% всего персонала работает по уборке, благоустройству и озеленению территории и на общестанционных работах. Видя результаты собственного труда, люди продолжают работать с большим желанием. И как приятно наблюдать в обеденный перерыв отдыхающих на территории людей, испытывающих удовлетворение от полученных результатов.

На ТЭЦ-27 любят спорт и активно им занимаются. Для занятий спортом имеются закрытые тренажерный и игровой залы, открытая волейбольная площадка и теннисный корт, заканчивается строительство футбольного поля. Команда спортсменов ТЭЦ в 2002 г на соревнованиях VII спартакиады ОАО Мосэнерго заняла первое место по футболу и мини-футболу, четвертое место по волейболу и первое место по гиревому спорту.

Работая на ТЭЦ, нам посчастливилось приобщиться к восстановлению храма Благовещения Пресвятой Богородицы в с. Тайнинском Мытищинского р-на. Вот уже более 10 лет мы участвуем в восстановлении русской святыни, где познакомились со многими удивительными людьми, с которыми прошли настоящую школу православия.

Гордостью ТЭЦ-27 является храм-часовня Державной иконы Божьей Матери, построенная на территории электростанции. Возведение часовни было начато в мае 1999 г. Строительство велось коллективом ТЭЦ-27, а также силами и на пожертвования подрядных организаций, принимавших в разное время участие в строительстве станции. Часовня была освящена 16 сентября 2000 г. Теперь каждый день сотрудники ТЭЦ могут зайти в часовню, поставить свечи, помолиться.

Проделанная за 10 лет коллективом ТЭЦ работа по вводу энергетического оборудования и его освоению, по улучшению экономичности и надежности позволила достичь высоких показателей эксплуатации. Коллектив с благодарностью вспоминает первого директора Сандлера Н. М., главного инженера Бурлакова Н. П. и начальника цеха ТАИ Токарева А. П., начальника электрического цеха Поля В. К., начальника химического цеха Фоменко С. В.

Большой вклад в обеспечение бесперебойной и экономичной работы вносят работники ТЭЦ: Рагулин Р. В. и Тришкин С. К. (заместители начальника ЦЦР), Негазов С. Н. и Ушаков П. Н. (заместители начальника электроцеха), Тарасов Д. В. (заместитель главного инженера), Андреев С. Н. (начальник цеха АСУ), Зенова Н. В. (заместитель начальника химического цеха), Иванов А. Г. (инженер-эколог), Бадякишин В. М и Павкин В. Н. (слесари ЦЦР), Алексеев А. А. (электрослесарь электроцеха), Тряпицын П. И (заместитель начальника КТЦ) и многие, многие другие. Много труда и энергии отдает производству главный инженер станции Макаров О. Н.

На ТЭЦ работает небольшой, но дружный коллектив молодых людей и людей зрелого возраста. Мы воспитываем в себе веру, чувство отеческого русского духа, а в работе исповедуем принцип: "Не навреди", и считаем это особенно важным, когда в процессе своей деятельности имеешь дело с природой, со средой обитания.

Я горжусь нашим коллективом!

Выполнено немало хороших дел, но впереди стоят новые задачи. Мы с уверенностью и оптимизмом смотрим в будущее. Я поздравляю всех с юбилеем, желаю здоровья, счастья и новых трудовых успехов!

# Развитие ТЭЦ-27: паровой энергоблок или ПГУ

Долинин И. В., канд. техн. наук, Иванов А. Б., инж.

## ТЭЦ-27 Мосэнерго

ТЭЦ-27 Мосэнерго предназначена для обеспечения теплом и электроэнергией северных районов Москвы и г. Мытищи и выдачи электрической энергии в сети Мосэнерго.

В соответствии с первоначальным проектом в состав основного оборудования ТЭЦ-27 входят: два энергоблока с турбиной ПТ-80-130; три энергоблока с турбинами Т-265-240; девять пиковых водогрейных котлов (ПВК) типа КВГМ-180.

На сегодня находятся в работе два энергоблока по 80 МВт и пять водогрейных котлов, так как строительство ТЭЦ-27 приостановлено из-за отсутствия источников финансирования.

Особенность топливного режима ТЭЦ-27 заключается в том, что станция имеет уже сегодня два независимых источника газоснабжения. С учетом складывающегося дефицита тепловой и электрической энергии в зоне ТЭЦ-27 представляется необходимым дальнейшее расширение ТЭЦ. При этом рассматривается возможность применения парогазовых технологий вместо паросиловых блоков с турбинами Т-265.

Для сравнения вариантов были приняты следующие гипотезы:

1. В качестве альтернативы паросиловому блоку рассматривался парогазовый блок, состоящий из двух одновальных парогазовых установок ПГУ-170Т на базе ГТД-110 производства НПО «Сатурн» или из одного энергоблока ПГУ-325Т; с ними устанавливается водогрейный котел КВГМ-180 для выравнивания тепловой мощности вариантов.

2. Для оценки эффективности инвестиций сделано предположение о создании на базе энергоблока № 3 независимого генерирующего предприятия.

3. Работа блока № 3 определяется прогнозными тепловыми и электрическими графиками нагрузок.

Расчеты экономических показателей были выполнены специалистами Научного центра прикладных исследований (НЦПИ) и ТЭЦ-27 на основании прогнозных режимов работы, данных заводов-изготовителей, а также имеющихся технических предложений по одновальной парогазотурбинной установке ПГУ-170Т, выполненных ОАО «Институт Теплоэлектропроект». Методика расчетов соответствует «Практическим рекомендациям по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике», утвержденным РАО «ЕЭС России» [1].

Сравнение эффективности инвестиций велось с использованием следующих критериев [2]: чистый дисконтированный доход (ЧДД); внутренняя норма доходности (ВНД); дисконтированный период окупаемости; индекс доходности (ИД).

Расчеты производились с применением программного комплекса «ENERGY INVEST 3.0», предназначенного для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов различных энергетических объектов.

Исходные данные приведены в [табл. 1](#).

Следует обратить внимание, что:

объем капиталовложений в варианте ПГУ на 20 млн. дол. больше, чем в паросиловом варианте;

в варианте с ПГУ энергетические мощности вводятся разновременно – первая ПГУ уже работает и дает прибыль, в то время как в варианте с Т-265 еще продолжается строительство;

ставка по кредитам принята равной 10% в год, т.е. довольно высокой; она может быть реально снижена при переговорах с кредиторами;

в варианте с ПГУ учтено приобретение двух ГТД на замену через 10 лет эксплуатации.

При расчете финансово-экономических критериев приняты средние по Мосэнерго тарифы на тепло и электроэнергию и цена природного газа по 2001 г.

Анализ полученных результатов ([табл. 2](#)) показывает, что установка двух ПГУ-170 гораздо выгоднее, чем паросилового блока с турбиной Т-265, а именно:

чистый дисконтированный доход при варианте с ПГУ-170 в 1,24 раза больше, чем в варианте с Т-265;

внутренняя норма доходности и индекс доходности в варианте с ПГУ-170 также выше, чем в варианте с Т-265, при прочих равных условиях это обеспечивает большую устойчивость к возможным рискам при осуществлении проекта;

дисконтированный период окупаемости при варианте с ПГУ-170 на 2 года меньше, чем в варианте с Т-265, что приведет к более быстрому возврату вложенных средств при одинаковых рисках.

Таким образом, с точки зрения показателей финансовой эффективности инвестиций акционерного капитала, вариант расширения ТЭЦ-27 двумя ПГУ-170 с водогрейным котлом существенно выгоднее, чем вариант с Т-265.

Такое различие в привлекательности инвестиций обусловлено следующими обстоятельствами:

Таблица 1

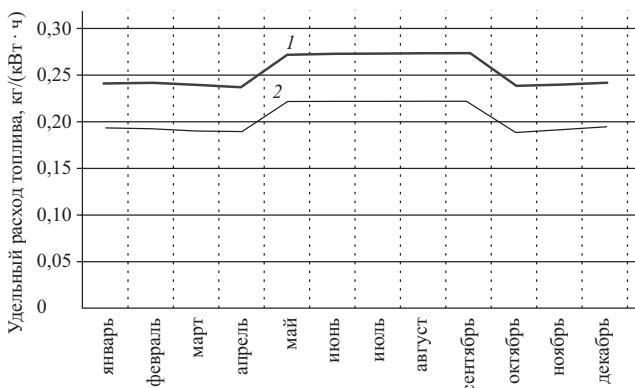
## Исходные данные для расчета критериев эффективности по двум вариантам строительства энергоблока № 3 ТЭЦ-27

Показатель	Вариант строительства	
	T-265	Две ПГУ-170 + ВК-6
Состав оборудования:		
существующее	BK-4, BK-5	BK-4, BK-5
вновь вводимое	T-265	Две ПГУ-170 + BK6
Объем капитальных вложений, млн. дол.	130	150
Стоимость BK-4, BK-5 и вспомогательных зданий и сооружений, вносимых в уставной капитал предприятия, млн. дол. (оценочно)	20	20
Срок проекта, лет	20	20
Продолжительность строительства, лет:		
T-265	2,5	—
BK-6	—	1
ПГУ № 1	—	1,5
ПГУ № 2	—	1
Ставка дисконтирования для акционерного капитала, %	20	20
Финансирование строительства за счет, млн. дол.:		
акционерного капитала	26	30
кредитов	104	118
прибыли	—	2
Срок погашения кредитов, лет	12	12
Ставка по кредитам, %	10	10
Льготный период, лет	1	1
Доля прибыли на формирование резервов, %	10	10
Отпуск электроэнергии в год, млн. кВт ч	1717	2103
Отпуск тепловой энергии в год, тыс. Гкал	2710	2710
В том числе от ПВК	877	1435
Годовой расход условного топлива, тыс. т	797,5	799,4
В том числе на ПВК	133,2	218,0
Налоги	По 2001 г.	По 2001 г.
Численность эксплуатационного персонала, чел.	96	94
Средняя заработка платы в месяц, дол.	350	350
Средняя норма амортизации, %	3,5	4,7
Производственные издержки в год (за исключением затрат на топливо), млн. дол.	7,13	7,55
Приобретение на замену ПГУ через 10 лет эксплуатации, млн. дол.:		
одной	—	15
второй	—	15

Таблица 2

## Результаты расчетов эффективности инвестиций по двум вариантам строительства энергоблока № 3 ТЭЦ-27

Показатель	Вариант строительства	
	T-265	Две ПГУ-170 + ВК-6
Дисконтированный период окупаемости (ДПО, DPB), лет	8	6
Чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPV), млн. дол.	22,93	28,37
Индекс доходности (ИД, PI)	1,52	1,67
Внутренняя норма доходности (ВНД, IRR), %	29,14	33,41



**Рис. 1. Удельный расход топлива на отпуск электрической энергии энергоблока 265 МВт и парогазового блока (оборудование энергоблоков работает на район с присоединенной нагрузкой 806 Гкал/ч, нагрузка горячего водоснабжения в летний период – 112 Гкал/ч):**

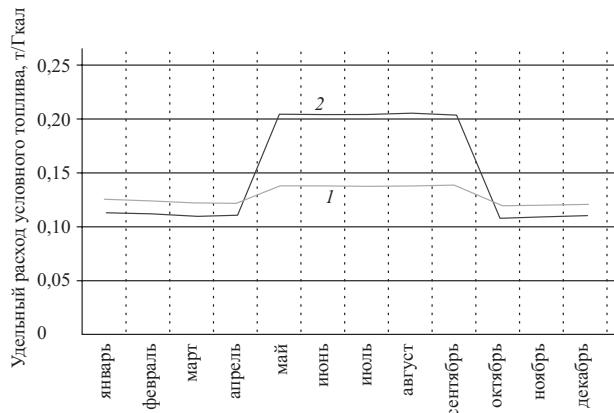
1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

удельный расход топлива на отпуск электрической энергии в варианте с ПГУ на 50 г/(кВт·ч) ниже, чем для паросилового блока (рис. 1);

удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии в отопительный период в варианте с ПГУ на 10 кг/Гкал выше, зато в летний и переходные периоды ПГУ имеет преимущество с разницей 65 кг/Гкал (рис. 2);

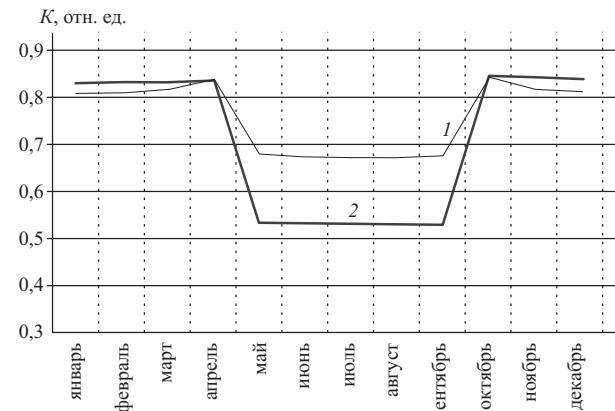
коэффициент использования тепла топлива практически одинаковый в отопительный период, летом на 22% выше для варианта с ПГУ, чем для Т-265 (рис. 3);

при равном годовом отпуске тепловой энергии (рис. 4) блок на базе ПГУ-170Т отпустит электроэнергии в сети системы на 18% больше (рис. 5) при практически одинаковых затратах топлива (рис. 6).



**Рис. 2. Удельный расход условного топлива на отпуск тепловой энергии от блока 265 МВт и парогазового блока (оборудование энергоблоков работает на район с присоединенной нагрузкой 806 Гкал/ч, нагрузка горячего водоснабжения в летний период – 112 Гкал/ч):**

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

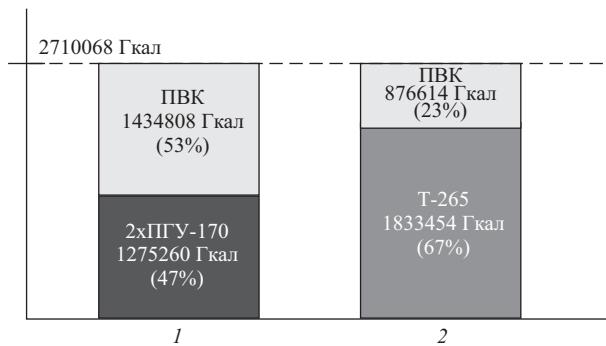


**Рис. 3. Коэффициент использования тепла топлива для паросилового блока 265 МВт и парогазового блока (оборудование энергоблоков работает на район с присоединенной нагрузкой 806 Гкал/ч, нагрузка горячего водоснабжения в летний период – 112 Гкал/ч):**

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

Известно, что на крупном оборудовании, таком, как блок с Т-265, трудно обеспечить режимы с оптимальными показателями в течение года.

Для оценки этого фактора на основании данных производственно-технического отдела Мосэнерго и Теплосети произведено сравнение расчетных и фактических результатов работы второй очереди ТЭЦ-23 АО Мосэнерго с энергоблоками Т-250 и водогрейными котлами производительностью 180 Гкал/ч. Характеристики районов, обеспечиваемых тепловой энергией ТЭЦ-23, аналогичны характеристикам районов, подключенных к ТЭЦ-27. Фактически оборудование ТЭЦ-23 работает менее экономично, чем ожидалось в соответствии с расчетами: коэффициент использования тепла топлива оказывается на 6–8% (а иногда и до 15%) ниже, чем расчетный (рис. 7). В наибольшей степени это относится к периоду апрель – октябрь и в основном связано с тем, что фактическая тепловая нагрузка ниже номинальной и имеет место конденсационная выработка, поэтому доля электроэнергии, выработанной по теплофикации



**Рис. 4. Ожидаемый годовой отпуск тепла расширяемой части ТЭЦ-27 (работа на Осташковскую магистраль):**

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

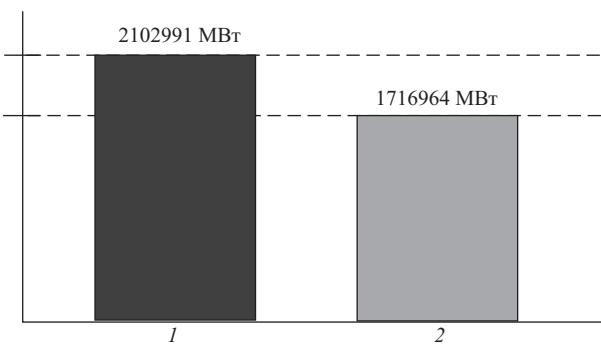


Рис. 5. Ожидаемый годовой отпуск электроэнергии расширяемой части ТЭЦ-27:

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

онному циклу в период апреля – октября, ниже расчетной (рис. 8). В этот период турбины работают не по тепловому графику и их экономичность снижается.

Возвращаясь к ТЭЦ-27, можно прогнозировать, что реальные тепловые нагрузки в среднем по году будут меньше, чем расчетно-проектные. И хотя Т-265 по сравнению с Т-250 имеет больший пропуск через бойлеры ( $13\ 000\ м^3/ч$  против  $8\ 000\ м^3/ч$ ) и более низкий коэффициент теплофикации (0,4 против 0,47), можно говорить о том, что экономичность блока Т-265 в период апрель – октябрь будет ниже расчетной, так как увеличится доля конденсационной выработки в этот период. В этом случае выигрыш от применения парогазовых технологий только возрастет, так как это дает максимальный эффект как раз при конденсационных режимах.

Так как ТЭЦ-27 предназначена для обеспечения теплом Москвы, очень важна надежность теплоснабжения. Как для варианта с Т-265, так и для варианта с ПГУ при нормальной работе оборудования обеспечивается требуемая температура сетевой воды на выходе из ТЭЦ-27 во всем диапазоне температур наружного воздуха.

Однако при аварийном отключении (при  $-28^{\circ}\text{C}$ ) оборудования с максимальной тепловой

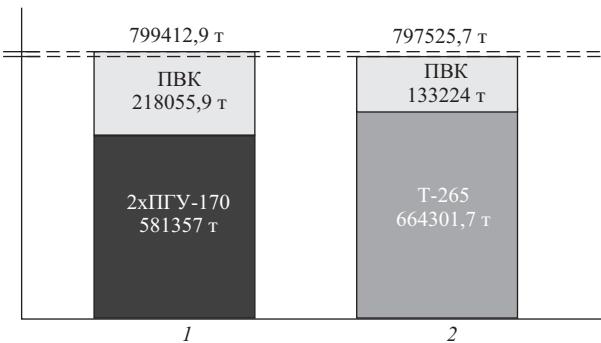


Рис. 6. Ожидаемый годовой расход условного топлива расширяемой части ТЭЦ-27:

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

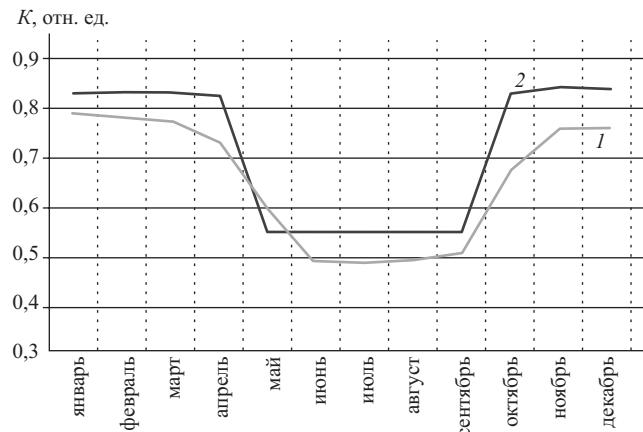


Рис. 7. Теоретический и реальный коэффициенты использования тепла топлива блоков Т-250 ТЭЦ-23 (теоретический коэффициент использования тепла топлива рассчитан для условия, что договорная присоединенная нагрузка 2502 Гкал/ч):

1 – реальный; 2 – теоретический

мощностью и при передаче всего свободного тепла от действующей части в варианте с Т-265 недотпуск будет составлять 33%, а для варианта с ПГУ – только 5% (рис. 9).

Анализ наиболее часто встречающихся случаев отказов котельного оборудования Мосэнерго в 2000 г. позволяет с уверенностью говорить, что для котлов-utiлизаторов ПГУ, ввиду низкого уровня температур пара и греющих газов, отсутствия радиационных и ширмовых поверхностей нагрева, тягодутьевых механизмов, регенеративных воздухоходогревателей, число отказов будет значительно ниже.

Оценка затрат на эксплуатацию и ремонт по таким традиционно трудоемким направлениям, как контроль металла трубопроводов и поверхностей нагрева, ремонт и техническое обслуживание вра-

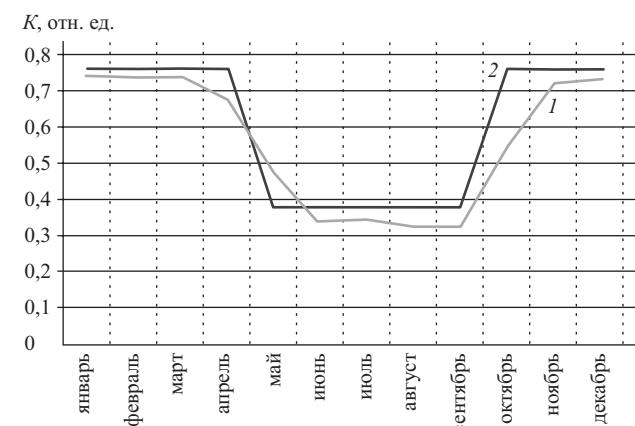


Рис. 8. Доля электроэнергии энергоблоков ТЭЦ-23, выработанная по тепловому циклу (теоретический коэффициент использования тепла топлива рассчитан для условия, что договорная присоединенная нагрузка 2502 Гкал/ч):

1 – реальная; 2 – теоретическая

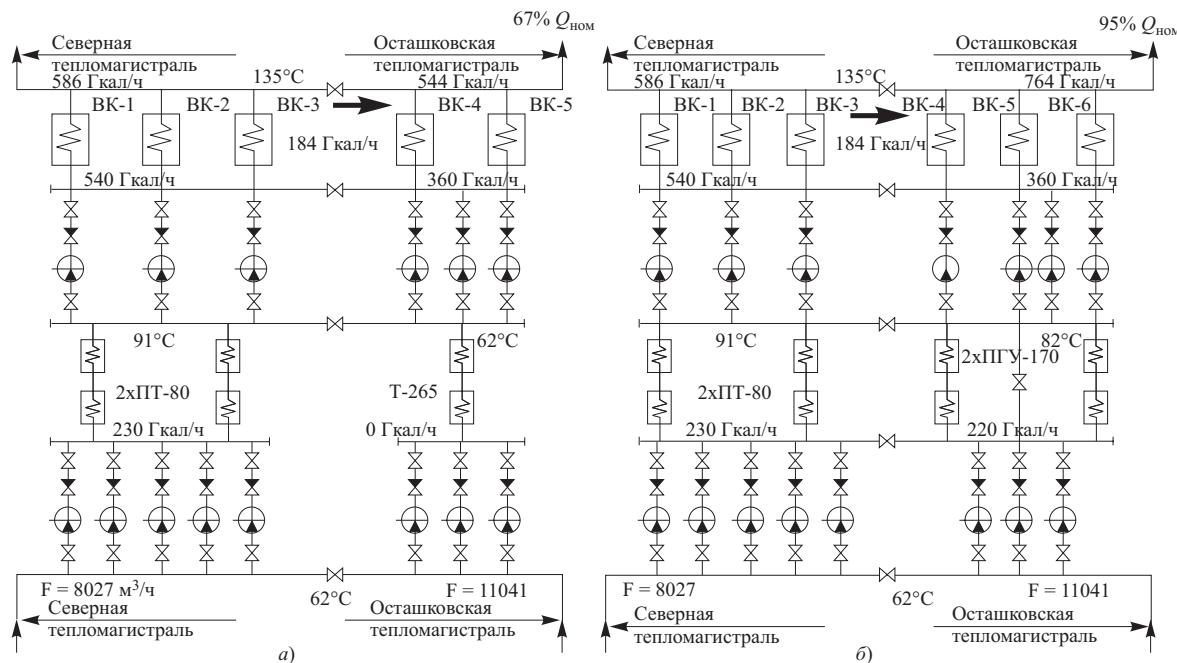


Рис. 9. Сравнение вариантов при аварийной ситуации:

а – вариант расширения блоком Т-265; б – вариант расширения двумя блоками ПГУ-170

щающихся механизмов, запорной и регулирующей арматуры показывает, что в ПГУ возможно снижение трудозатрат в 3–5 раз в сравнении с блоками СКД (табл. 3).

Экологические показатели вариантов с ПГУ ни по одному из параметров не хуже варианта с Т-265.

**Выбросы NO<sub>x</sub>.** Удельные выбросы NO<sub>x</sub> от ПГУ в отопительный сезон несколько больше, чем в варианте с Т-265 за счет большей доли водогрейных котлов, а в летний период на 60 г/МВт ниже, чем для Т-265. В целом по году выбросы оксидов азота от ПГУ на 3% ниже, чем для блока с Т-265 (рис. 10).

**Шум.** В варианте с ПГУ газовая турбина находится в здании и, кроме того, заключена в индивидуальный шумопоглощающий кожух, что значительно снижает уровень шума как в рабочей зоне энергоблока, так и в целом по станции. Блок с ПГУ не имеет таких источников шума, как тягодутьевые механизмы. При установке шумоглушителей на всасе газовой турбины и за котлом-utiлизатором шумовые характеристики ПГУ не будут хуже, чем блока с Т-265.

**Тепловое загрязнение.** Для блока с ПГУ оно будет ниже на 50% по сравнению с паросиловым блоком.

Таблица 3

## Сравнение затрат на эксплуатацию и ремонт

Оборудование	Число оборудования по вариантам		Трудозатраты по варианту, чел-ч	
	СКД	2ПГУ	СКД	2ПГУ (оценка)
Котел	1	2	14 700	4500
Паровая турбина	1	2	15 900	6000
Газовая турбина	–	2	–	Техническое обслуживание через 25 000 ч, капитальный ремонт в условиях завода-изготовителя
Запорная арматура	450	60	3600	480
Регуляторы	43	10	335	78
Вращающиеся механизмы:				
6 кВ	25	6	7150	2150
0,4 кВ	31	24		
Объем контроля металла (сварных швов на 100 000 ч)	356	124	534*	186*

\* Включает снятие и вывоз 340 м<sup>3</sup> изоляции для варианта с СКД, 80 м<sup>3</sup> – для варианта с ПГУ.

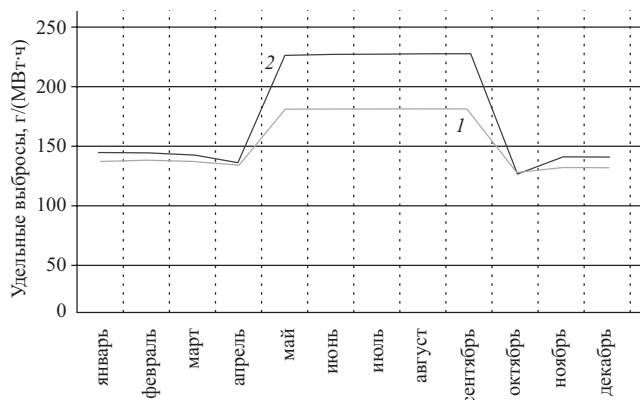


Рис. 10. Удельные выбросы оксидов азота:

1 – ПГУ-170; 2 – Т-265

Что касается собственно газовой турбины, то сложилась уникальная ситуация – к энергетикам с

предложением осваивать и эксплуатировать крупную газовую турбину пришли авиастроители. Они используют новый подход к конструированию, изготовлению, контролю качества, а также предлагают организовать сервисное обслуживание газовых турбин на заводе-изготовителе с выполнением всего комплекса диагностических работ и промышленных испытаний. Это возможно потому, что турбина 110 МВт сконструирована на базе мореходных и авиационных критериев, весит она почти в 4 раза меньше зарубежных аналогов и является транспортабельным модулем.

### Список литературы

1. Практические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике / Под ред. Раппопорта А. Н. М.: НЦПИ, 1999.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. НПКВЦ “Теринвест”, 1994.

## ТЭЦ-27 Мосэнерго приглашает инвесторов

Романовский С. П., инж., Долинин И. В., канд. техн. наук, Иванов А. Б., инж.

### АО Мосэнерго – ТЭЦ-27 Мосэнерго

Одной из важнейших сторон производственно-хозяйственной деятельности энергетической компании является сохранение и развитие своего производственно-экономического потенциала, а стало быть, и инвестиционная деятельность. Инвестиционная деятельность в энергетике в целом и в Мосэнерго в частности имеет целый ряд особенностей:

необходимость инвестиций в энергетику определяется, прежде всего, большим (по Мосэнерго свыше 47%) износом основных средств, при этом роль энергетического комплекса в бесперебойном обеспечении потребителей энергией как электрической, так и тепловой является первостепенной;

инвестиционные проекты в энергетике, особенно крупной, являются дорогостоящими и долгосрочными, с периодами окупаемости свыше 10 лет;

энергетические предприятия, в том числе и Мосэнерго, в настоящее время не имеют и, видимо, не будут иметь в ближайшее время собственных средств для реализации крупных проектов по вводу новых мощностей. Проводимая в течение длительного времени тарифная политика имела в основном политическую направленность, без учета перспектив поддержания и развития энергетики на необходимом уровне, обеспечивающем энергетическую безопасность в регионах и стране в целом. В тарифах на тепло и электроэнергию инвестиционная составляющая на протяжении нескольких лет практически отсутствует.

Все перечисленные особенности приводят к выводу о необходимости привлечения сторонних инвестиций для реализации инвестиционных проектов.

Мосэнерго – одна из надежных и значимых энергосистем в России – придает большое значение сохранению и развитию своего производственно-экономического потенциала, постоянно ведет работу в этом направлении, вкладывая средства из различных источников в строительство и введение в эксплуатацию новых энергетических мощностей на своих филиалах.

На ТЭЦ-27 в период с 1992 по 2001 г. введены в эксплуатацию пять водогрейных котлов типа КВГМ-180 и два энергоблока электрической мощностью по 80 МВт каждый. Однако введенные в эксплуатацию мощности составляют менее 20% необходимых мощностей, предусмотренных ТЭО на строительство. Из-за недостаточности собственных средств в настоящее время дальнейшее строительство ТЭЦ-27 приостановлено и Мосэнерго занимается активным поиском сторонних инвесторов как российских, так и иностранных.

Одним из основополагающих документов, необходимых для ведения переговоров с потенциальными инвесторами, является бизнес-план инвестиционного проекта. Мосэнерго постоянно сотрудничает с различными организациями и специалистами по подготовке бизнес-планов по ТЭЦ-27. Так, в 1994 – 1996 гг. специалистами Академии

наук РФ был подготовлен “Бизнес-план строительства энергоблока № 3 ТЭЦ-27 на базе паровой турбины Т-260”; в 2001 г. специалисты Научного центра прикладных исследований (НЦПИ) подготовили “Бизнес-план строительства третьего энергоблока на ТЭЦ-27 АО Мосэнерго на основе современной высокоэффективной парогазовой технологии бинарного цикла – ПГУ-170Т” и “Бизнес-план строительства третьего энергоблока на ТЭЦ-27 АО Мосэнерго на основе паросиловой установки мощностью 265 МВт”. Солидность и обоснованность этих документов не вызывают никаких сомнений, однако подход, заданный разработчикам, к рассмотрению инвестиций в ТЭЦ-27, только с точки зрения энергоблока № 3, а не всей ТЭЦ, не решает проблемы строительства ТЭЦ-27 в целом, а в некоторых случаях представляется нецелесообразным как для Мосэнерго, так и для инвестора.

Если рассматривать инвестиции как заемные средства российских и иностранных банков и банковских организаций, то ситуация, как показывает практика, выглядит следующим образом:

российские банки и банковские организации в настоящее время не заинтересованы в долгосрочных проектах и не выделяют кредитов на срок более пяти лет с необходимой отсрочкой по выплатам, а дисконтированный период окупаемости проекта по энергоблоку № 3, как показывают расчеты, значительно выше;

иностранные банки и банковские организации для выделения кредитов требуют государственных гарантий и связывают это с изменением российского законодательства.

Кроме того, расчеты, выполненные в бизнес-планах по энергоблоку № 3, не дают полного представления о необходимости, целесообразности и экономической эффективности строительства всей ТЭЦ-27.

Инвестиционный проект расширения ТЭЦ-27 неоднократно привлекал к себе внимание различных крупных компаний и банков как зарубежных, так и отечественных. Наиболее детальная проработка проекта (в течение двух лет) осуществлялась совместно с французской компанией “Электрриситэ де Франс” (ЭДФ), при этом реализация проекта по строительству и эксплуатации энергоблока № 3 ТЭЦ-27 предполагалась на принципах проектного финансирования с организацией совместного предприятия по схеме СУП (строительство, управление, передача). Многие вопросы, связанные с техническими и экономическими аспектами проекта, были сторонами согласованы. Однако дальнейшее развитие отношений между Мосэнерго и ЭДФ было приостановлено в связи с тем, что ЭДФ посчитала недостаточной в настоящее время правовую и законодательную базы для проектного финансирования в России, в частности, в связи с невозможностью получения зарубежным

инвестором государственных гарантий по реализации данного проекта.

Нереализованность схемы проектного финансирования с ЭДФ подтолкнула Мосэнерго к поиску других решений и возможностей для привлечения долгосрочных инвестиций в осуществление проекта расширения ТЭЦ-27. Было принято решение, которое поддержали на Комиссии по инвестициям РАО “ЕЭС России”, о реализации проекта расширения ТЭЦ-27 до проектной мощности путем создания *совместного предприятия с привлечением инвесторов на тендерной основе*.

Возможность и привлекательность реализации такой схемы для инвесторов обусловлена, прежде всего, следующими факторами:

Мосэнерго, как один из участников проекта, является компанией со сложившимся и надежным бизнесом; входит в число тех компаний, акции которых наиболее ликвидны на фондовом рынке, а лидирующая позиция в российской энергетике вызывает неизменный интерес со стороны иностранных инвесторов;

произведенная от новых мощностей ТЭЦ-27 тепловая и электрическая энергия будет иметь гарантированный сбыт;

ТЭЦ-27 благодаря уже созданному заделу и имеющимся перспективам по вводу мощностей является наиболее привлекательным в Мосэнерго объектом для инвестиций;

ТЭЦ-27 имеет удачное местонахождение (рядом с Москвой) и расположение, что гарантирует обеспеченность высококвалифицированными кадрами на период строительства и эксплуатации, существенно снижает стоимость строительства за счет невысоких затрат по доставке грузов и предполагает более комфортные и с наименьшими затратами условия работы персонала инвестора;

финансирование строительства может быть осуществлено в большей части за счет прибыли и амортизации от эксплуатации существующих и вновь вводимых мощностей;

проект строительства ТЭЦ-27 поддерживается региональными органами управления государственной власти;

ввод в эксплуатацию новых мощностей на ТЭЦ-27 позволит реализовать целый ряд программ по улучшению экологической обстановки в регионе;

проект расширения ТЭЦ-27 до проектной мощности имеет высокие показатели экономической эффективности.

Рассмотрим перечисленные факторы подробнее.

**Мосэнерго – надежный партнер.** Мосэнерго лидирует в области энергетики, производя 8% электроэнергии и более 6% тепловой энергии общероссийского объема, является монополистом по производству электрической энергии в московском регионе, а также поставляет 77% тепла, по-

требляемого в Москве. Компания имеет стабильный рынок сбыта и обеспечивает жизнедеятельность московского региона с населением более 15 млн. чел. Мосэнерго четко и в срок выполняет финансовые обязательства. Финансовые показатели, рассчитанные по данным бухгалтерской отчетности в динамике за 5 лет, свидетельствуют об устойчивой и прибыльной работе компании. Сравнение 2001 и 2000 гг. показывает стабильно высокий уровень коэффициента финансовой устойчивости (0,81), что говорит о финансовой независимости АО Мосэнерго в долговременном аспекте. Значительный рост коэффициента абсолютной ликвидности (с 0,09 до 0,22) и высокий уровень коэффициента текущей ликвидности (1,68) свидетельствуют о способности Мосэнерго погашать свои краткосрочные обязательства и, соответственно, о его финансовой независимости в краткосрочной перспективе.

**Гарантированный сбыт тепловой и электрической энергии.** Необходимость ввода новых мощностей для электрообеспечения очевидна. Темпы развития экономики московского региона существенно превышают средние по России. Доля Москвы и Московской обл. во внутреннем валовом продукте России постоянно растет и составляет соответственно 15 и 4%. Доля Москвы в ВВП РФ за последние пять лет возросла примерно в 1,5 раза.

В 2001 г. темпы роста электропотребления в московском регионе составили 5,76%, что значительно выше, чем в среднем по стране. В декабре 2001 г. в период максимума нагрузок для обеспечения потребителей московского региона Мосэнерго вынуждено было включить в работу все резервные мощности. Прогнозируемые до 2020 г. темпы роста энергопотребления в московском регионе составляют 2,5 – 5% в год.

Необходимость строительства ТЭЦ-27 в целях теплоснабжения обусловлена тем, что в тепловой район ТЭЦ-27 входят Северный и Северо-Восточный административные округа Москвы. На теплоснабжение от ТЭЦ-27 подключаются районы: Бабушкино, Свиблово, Ростокино, Бирюлево, Медведково, Отрадное, Дегунино. Тепловая потребность этих районов в соответствии с отчетом Москомархитектуры о приросте тепловых нагрузок составит к 2006 г. 2596 Гкал. Прирост тепловой мощности к 2010 г. составит еще 536 Гкал, таким образом, суммарная тепловая нагрузка на период до 2010 г. составит 3132 Гкал.

Проектная мощность ТЭЦ-27 составляет 3000 Гкал.

Учитывая рост тепловой нагрузки на севере города и необходимость передачи тепла в район, обслуживаемый ГЭС-1 (для замещения мощности изношенного оборудования и улучшения экологической обстановки центральной части Москвы), даже при полном развитии ТЭЦ-27 будет наблюда-

ться дефицит тепловых мощностей в северных районах Москвы.

В соответствии с “Энергетической программой развития московского региона до 2010 г.” в 2003 г. будет вводиться в эксплуатацию Осташковская теплофикационная магистраль, спроектированная на получение тепловой энергии от ТЭЦ-27. К этому времени ТЭЦ-27 должна быть готова поставлять 806 Гкал в кольцевую магистраль теплоснабжения северо-восточных районов Москвы. Кроме того, Мосэнерго при определенных условиях может выступать при реализации данного проекта в роли гарантированного потребителя производимой энергии.

**ТЭЦ-27 – привлекательный объект для инвестиций.** Привлекательность ТЭЦ-27, как объекта для инвестиций, обусловлена следующими факторами: имеется готовая, оборудованная строительная база; подача грузов на строительную площадку может осуществляться как автомобильным, так и железнодорожным транспортом; подготовлена инфраструктура для ввода в эксплуатацию первых мощностей; наличие высококвалифицированного эксплуатационного персонала и высокая культура производства; благоустроенная территория.

Проектная электрическая мощность ТЭЦ – 940 МВт, тепловая мощность ТЭЦ – 3000 Гкал.

В качестве основного и резервного топлива для Северной ТЭЦ используется природный газ, аварийное топливо – топочный мазут (постановление Госплана СССР от 22/V 1981 г. ц102, письмо Госплана СССР от 30/VIII 1989 г. ц АТ-474/37-317).

ТЭЦ-27 – молодая, новая станция, оснащенная современным эффективным оборудованием. К настоящему моменту, за период 1992 – 2001 гг., на ТЭЦ-27 в качестве генерирующих мощностей введены в эксплуатацию:

два энергоблока электрической мощностью 80 МВт и тепловой мощностью 115 Гкал/ч каждый;

пять водогрейных котлов по 180 Гкал/ч.

Для нормальной работы указанного оборудования построены и введены в эксплуатацию вспомогательные системы и сооружения, которые в том или ином объеме будут обеспечивать также и работу оборудования создаваемого совместного предприятия. Это – система сетевых трубопроводов и выдачи тепловой мощности; система электрообеспечения собственных нужд ТЭЦ и выдачи электрической мощности; химводоочистка; топливное хозяйство; система циркуляционного и технического водоснабжения; дымовая труба; инженерные коммуникации; маслохозяйство; прочие сооружения.

**Реальная оценка стоимости строительства новых мощностей ТЭЦ-27.** Стоимость строительства новых мощностей составляет 440 – 500 млн. дол. в зависимости от выбора оборудова-

ния и определена на основании: коммерческих предложений заводов – изготовителей основного оборудования (котлы, турбины, генераторы); оценки стоимости вспомогательного оборудования по аналогии с уже введенными в эксплуатацию объектами; расчета стоимости СМР на основании данных, представленных проектными организациями (Теплоэлектропроект и Мосэнергопроект); оценки стоимости проектных и пусконаладочных работ в процентах стоимости объекта строительства и стоимости оборудования.

В стоимости учтено строительство вспомогательных объектов (газораспределительный пункт ГРП-2, пункт подготовки газа, тепломагистраль по территории ТЭЦ, распределительное устройство 220 и 500 кВ, мазутно-дизельное хозяйство для аварийного запаса топлива, дымовая труба № 2 высотой 250 м, градирня № 2, административно-бытовой корпус и др.), а также затраты на дирекцию строящегося объекта на период строительства.

**Для финансирования проекта достаточно третьей части средств инвестора от стоимости строительства.** Как показывают предварительные расчеты эффективности проекта, для успешной реализации его достаточно вложения инвестором только части (приблизительно третья часть) средств стоимости строительства, а оставшаяся часть финансируется за счет прибыли и амортизации от эксплуатации существующих и вновь вводимых мощностей.

Ориентировочный срок строительства 6 – 8 лет. Применяемая технология – современные парогазовые установки.

**Поддержка проекта региональными органами власти.** Инвестиционный проект расширения ТЭЦ-27 соответствует программе экономического и энергетического развития московского региона и направлен на исполнение постановления правительства Москвы № 107 от 16/II 1999 г. “О расширении ТЭЦ-27 АО Мосэнерго в 1999 – 2008 гг.” для повышения энергетической безопасности, надежности и качества тепло- и электроснабжения московского региона.

**Положительное влияние на экологию региона.** Строительство ТЭЦ-27 до проектной мощности не только не ухудшит, но и позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в регионе за счет возможности реконструкции и модернизации энергетического оборудования ТЭЦ-21 и ТЭЦ-23.

**Достаточно высокая эффективность проекта.** Предварительные расчеты критериев эффективности проекта (NPV – чистый дисконтированный доход, IRR – внутренняя норма доходности, PI – индекс прибыльности, срок окупаемости) показывают его экономическую перспективность. Так, внутренняя норма доходности на вложенный капитал составляет более 20%, а дисконтированный период окупаемости – менее 10 лет.

## Вывод

Все рассмотренные основные характеристики проекта расширения ТЭЦ-27 до проектной мощности говорят о его состоятельности и несомненной привлекательности для инвесторов как отечественных, так и зарубежных.

# Опыт эксплуатации головных образцов турбогенераторов на ТЭЦ-27 Мосэнерго

Макаров О. Н., Вавилов Д. Ю., Негазов С. Н., инженеры

## ТЭЦ-27 Мосэнерго

В течение длительного времени в отечественной энергетике доминировали турбогенераторы с водородным охлаждением. Такое положение дел явилось следствием выбранного направления при конструировании крупных турбогенераторов, при котором с увеличением мощности генераторов другой агент (воздух) не обеспечивал необходимый отвод тепла.

По сравнению с воздухом водород обладает рядом преимуществ: он имеет в 7 раз большую теплопроводность, в 14 раз меньшую плотность и в 1,44 раза больший коэффициент теплоотдачи с поверхности. При повышении давления водорода теплоотдача с поверхности растет. За счет мень-

шей плотности снижены потери на трение, изоляция машин с водородным охлаждением оказывается более долговечной.

Однако наряду с достоинствами использование для отвода тепла водорода обладает и существенными недостатками, основными из которых являются взрыво- и пожароопасность.

Наиболее эффективной охлаждающей средой, с точки зрения теплопроводности и небольшой вязкости, является вода, которая, к тому же, негорючая.

Согласно проведенным экспертизам проекта строительства Северной ТЭЦ было принципиаль-

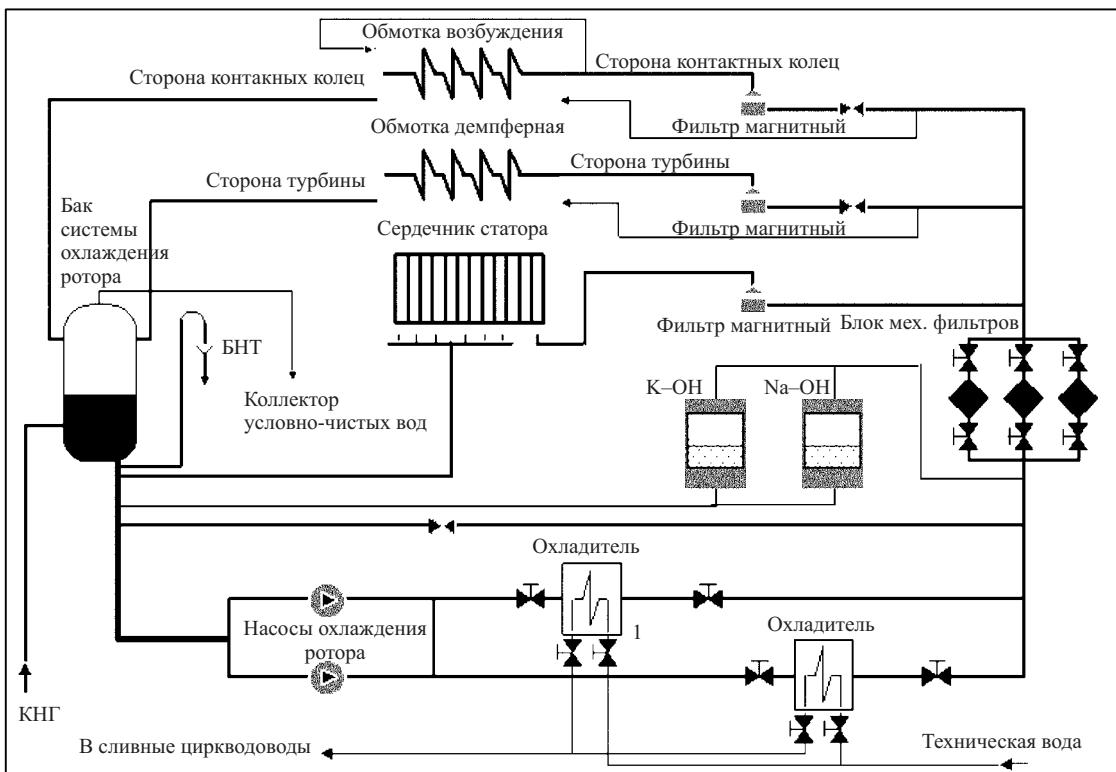


Рис. 1. Система охлаждения ротора

но решено применять взрыво-, пожаробезопасные турбогенераторы с водяным охлаждением.

К моменту начала проектирования энергоблока № 1 ТЭЦ-27 в отечественной энергетике был накоплен некоторый опыт создания и эксплуатации турбогенераторов с полным водяным и воздушным охлаждением.

В 1992 г. фирмой ОРГРЭС с привлечением специалистов НИИ ЛПЭО “Электросила” и ВНИИЭ были проведены работы по обобщению опыта эксплуатации турбогенераторов с полным водяным охлаждением типа Т3В с момента их ввода. На ТЭЦ-27 проанализировали существующий опыт эксплуатации турбогенераторов Т3В-63-2УЗ ТЭЦ-2 Ленэнерго, Т3В-800-2УЗ Рязанской и Пермской ГРЭС.

Создаваемый на АО “Электросила” турбогенератор с воздушным охлаждением мощностью 110 МВт находился на стадии конструкторской разработки, поэтому в Мосэнерго было принято решение применить на ТЭЦ-27 турбогенератор с полным водяным охлаждением типа Т3В-110-2УЗ мощностью 110 МВт.

Предложения ТЭЦ-27 по внедрению мероприятий по усовершенствованию конструкции были внесены на стадии подготовки технического задания. Так, с самого начала были установлены фторопластовые трубы для подвода воды к активным частям статора.

Основной особенностью конструкции турбогенератора Т3В-110-2УЗ, изготовленного на АО

“Сила”, является “самонапорная” система охлаждения ротора, в которой отсутствуют гидравлические связи обмотки ротора с валом. Все концы катушек обмотки ротора выведены за торец лобовой части. Для преодоления гидравлического сопротивления каналов обмотки используется центробежная сила воды, заливаемой во вращающийся напорный коллектор и сбрасываемой на большом диаметре в сливную камеру торцевого щита статора. Попадание воды в подбандажное пространство ротора и в статор исключается, так как концы катушек, их соединения с напорными и сливными коллекторами и сами коллекторы вынесены по оси ротора за бандажные кольца.

Для возможности устойчивой работы с малым скольжением в асинхронном режиме, а также для компенсации высокочастотных полей и поля обратной последовательности в синхронном режиме ротор имеет демпферную обмотку, состоящую из медных проводников, уложенных в пазы под пазовые клинья, и короткозамыкающих колец из двух слоев медных листов, расположенных под бандажными кольцами.

Полые проводники демпферной обмотки охлаждаются водой аналогично обмотке возбуждения. Таким образом, демпферная обмотка является активным охладителем стали ротора, бандажных колец и воздуха в зазоре. Этим исключается необходимость установки вентиляторов и газоохладителей. Схема охлаждения ротора показана на рис. 1.

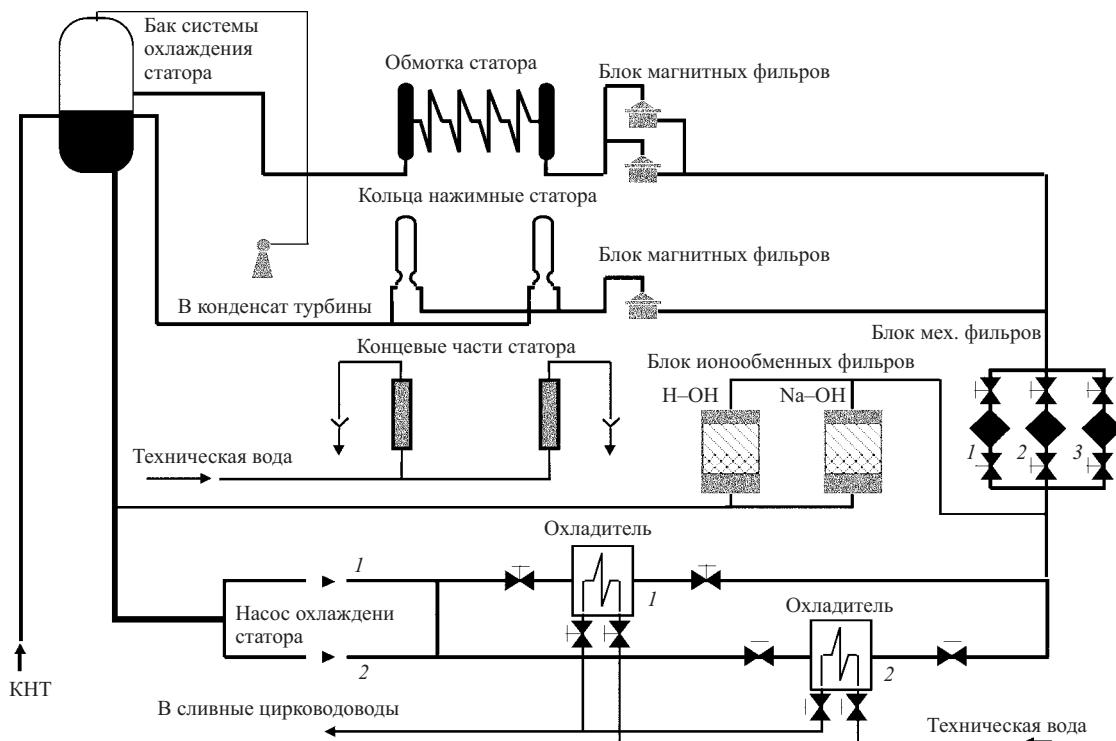


Рис. 2. Система охлаждения статора

Аксиальное крепление бандажного кольца из коррозионно-стойкой стали на бочке ротора осуществляется с помощью внутренней гайки, не создающей опасной перегрузки носика бандажного кольца и обеспечивающей минимальное поперечное биение бандажного, напорного и сливного колец.

Другой особенностью конструкции турбогенератора является применение плоских силуминовых охладителей в виде сегментов с залитыми в них змеевиками из нержавеющей стальной трубы для охлаждения активной стали сердечника статора. Такая конструкция, кроме эффективного охлаждения, обеспечивает высокую плотность и стабильность опрессовки сердечника, исключает возможность местного передавливания изоляционного покрытия листов активной стали, наблюдающегося в турбогенераторах с газовым охлаждением, под вентиляционными распорками.

Обмотка статора – стержневая, выполненная из полых и сплошных медных проводников, по полым проводникам протекает вода. Соединительные шины обмотки – полые, также охлаждаются водой.

Кроме того, водой охлаждаются стяжные ребра, нажимные кольца, медные экраны, концевые части, торцевые щиты и лабиринтные уплотнения корпуса статора. Схема охлаждения статора показана на [рис. 2](#).

Внутренний объем генератора находится под небольшим избыточным давлением воздуха.

Первоначально по проекту фильтры системы наддува располагались в машинном зале под генератором. Но первый осмотр показал большое количество пыли внутри корпуса турбогенератора – заводские фильтры не обеспечивали требуемую чистоту. На ТЭЦ-27 было принято решение вынести фильтры в расположение в непосредственной близости распределительство 10 кВ, где регулярно проводится влажная уборка, и заменить фильтрующий материал. После проведенных мероприятий и регулярной замены материала пыль в корпусе практически отсутствует.

Щеточно-контактный аппарат выполнен со съемными бракетами.

Температура элементов турбогенератора в эксплуатационных режимах не превышает 50°C.

Далее приведены технические данные турбогенератора ТЗВ-110-2У3.

Мощность активная, МВт	110
Напряжение статора, кВ	10,5
Ток, А:	
статора	7651
ротора	2539
Частота вращения, об/мин	3000
КПД, %	98,6
Напряжение ротора, В	151
Класс изоляции обмоток статора и ротора	F
Охлаждающая вода	Дистиллят
Температура дистиллята, °С, не более:	
на входе	40

на выходе	85
Удельное электрическое сопротивление дистиллята при 40°C, кОм см:	
номинальное	200
наименьшее допустимое	75
Цепь обмотки статора:	
содержание соединений меди, мкг/дм <sup>3</sup> , не более	100
рН	8,5 0,5
Цепь обмотки ротора:	
содержание соединений меди, мкг/дм <sup>3</sup> , не более	400
рН	7,5 0,5
Относительная влажность воздуха внутри генератора, %, не более	50

*Эксплуатационные сведения о работе турбогенератора ТЗВ-110-2У3.*

Введен в работу 10/XII 1996 г.

Аварийный ремонт с 8/II по 28/II 1997 г. из-за короткого замыкания обмотки ротора – дефект завода-изготовителя.

Текущий ремонт с 13/VI по 4/VII 1997 г.

Капитальный ремонт с 12/V по 18/VI 1998 г. с заменой витка демпферной обмотки – дефект завода-изготовителя. По согласованию с заводом-изготовителем произведен перевод охлаждения концевых частей корпуса статора с дистиллята на техническую воду (экономия 10 м<sup>3</sup>/ч дистиллята).

Текущий ремонт с 11/V по 11/VI 1999 г.

Капитальный ремонт с 10/V по 15/VII 2000 г. с балансировкой ротора на станке. Устранены дефекты треснутых сварных швов на гайках крепления нажимных колец статора, связанных с работой турбогенератора с повышенной вибрацией.

Текущий ремонт с 4/VI по 24/VI 2001 г. Устранение дефекта треснувшего сварного шва на трубке охлаждения нажимного кольца статора.

Текущий ремонт с 24/VI по 12/VII 2002 г. Устранение течи в месте пайки нулевого вывода.

С начала эксплуатации до 1/I 2002 г. число часов работы генератора составило 32 521, выработано 2 196 101 тыс. кВт ч электроэнергии, генератор находился в ремонте 4909 ч, средняя нагрузка составила 67,5 МВт.

В процессе эксплуатации ТГ-1 были выявлены следующие дефекты: наличие посторонних предметов под бандажными кольцами ротора, которые привели к возникновению КЗ в обмотке ротора и деформации одного витка полой демпферной обмотки, некачественная пайка и сварка мест соединений водоподвода.

Таким образом, все обнаруженные дефекты можно отнести на счет завода-изготовителя. Так как все сварные швы, на которых были обнаружены дефекты, не поддаются контролю неразрушающими методами, то на ТЭЦ-27 введен регламент обязательного осмотра сварных швов во время отключения генератора. Во время работы генератора

появление неплотностей в системе охлаждения в корпусе диагностируется по отсутствию воды в жидкостном индикаторе УЖИ (при неплотности в зоне избыточного давления) или по повышенному содержанию кислорода в конденсате на напоре насосов охлаждения статора.

При эксплуатации турбогенераторов с водяным охлаждением могут иметь место случаи образования отложений и не исключена возможность закупорки проходных сечений в полых проводниках, что может привести к недопустимому перегреву изоляции стержней и повреждению генератора.

Необходимая чистота поверхностей системы охлаждения достигается правильной организацией ведения водно-химического режима (ВХР) и своевременной химической очисткой полых проводников от отложений.

Эксплуатационным циркуляром № Ц-10/85(Э) “Об организации водно-химического режима системы охлаждения обмоток статора турбо- и гидрогенераторов” и документацией завода-изготовителя установлены нормы качества охлаждающего дистиллята и даны методы организации ВХР системы охлаждения статора с целью достижения установленных норм и обеспечения надежной работы генераторов, но не даны рекомендации по ведению режима в системе водяного охлаждения обмоток ротора.

Основным методом достижения нормируемых показателей качества охлаждающей воды является установка в контуре циркуляции ионитовых фильтров смешанного действия (ФСД) в форме Na-OH. При этом подпитка контура должна выполняться из нагнетательного трубопровода конденсатных насосов: при наличии блочной обессоливающей установки (БОУ) – после насосов второй ступени, в периоды пусков энергетического оборудования – из баков запаса чистого конденсата.

Однако в связи с тем, что на ТЭЦ-27 при ведении ВХР конденсатно-питательного тракта котлов применяется гидразинно-аммиачный режим и БОУ отсутствует, для подпитки контура охлаждения может использоваться только обессоленная вода.

На основании проекта заводом-изготовителем были поставлены на ТЭЦ по одному ионообменному фильтру для каждого контура охлаждения, что не обеспечивало поддержания в системе охлаждения ротора нормируемых показателей химконтроля: электропроводимость 5,0 мкСм/см, pH = 7,0 8,0, содержание меди Cu 400 мкг/дм<sup>3</sup>.

После проведения испытаний водно-химического режима систем охлаждения статора, ротора руководством ТЭЦ было принято решение о приобретении двух ионообменных фильтров для дополнительной установки в каждом контуре.

Вместе с тем, при подпитке обессоленной водой в системе охлаждения статора водоструйный

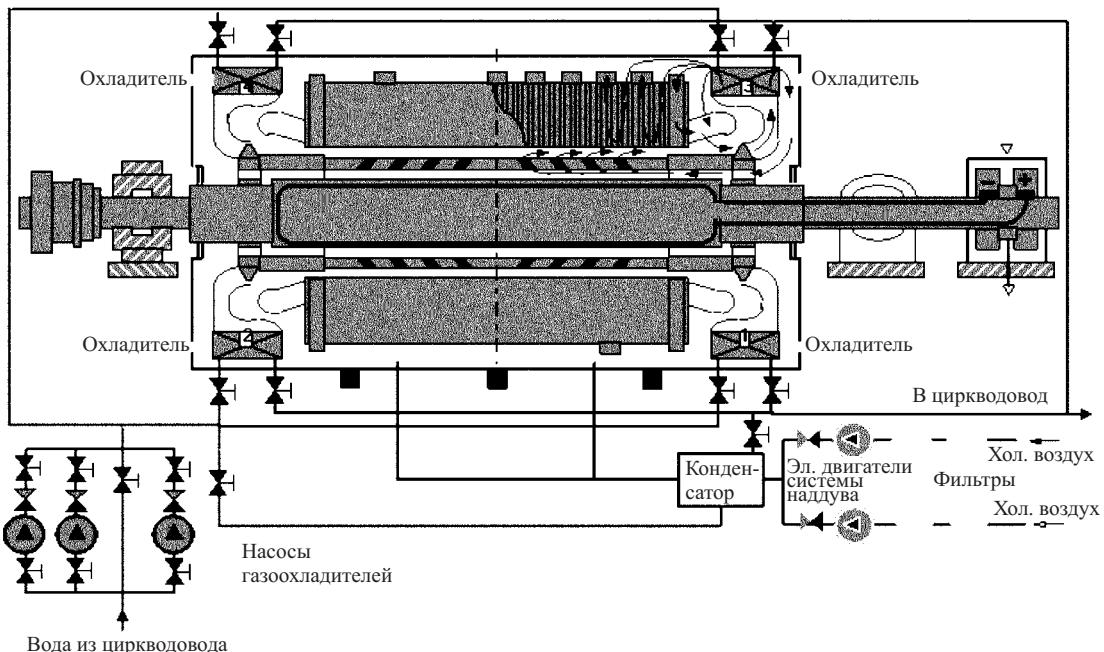


Рис. 3. Система охлаждения турбогенератора типа ТЗФП-110-2У3

эжектор, также поставляемый заводом, не обеспечивал достаточного отсоса газообразной составляющей воды, необходимого для поддержания норм качества –  $O_2$  400 мкг/дм<sup>3</sup>, Cu 100 мкг/дм<sup>3</sup>, pH = 8,0 9,0, 5,0 мкСм/см.

Для снижения содержания коррозионно-активных газов в воде и соответственно концентрации меди специалистами ТЭЦ-27 было принято решение о создании новой схемы деаэрации – отсос из бака системы охлаждения статора завести в вакуумную систему конденсатора, что обеспечило в дальнейшем снижение кислорода в дистилляте до 60 мкг/дм<sup>3</sup>, меди до 2,0 мкг/дм<sup>3</sup>, pH = 8,0 9,0.

После проведения наладки водного режима в системе охлаждения ротора включены в работу параллельно два ФСД в Н–ОН-форме и Na–ОН-форме, при этом качество воды в контуре составляет: 5,0 мкСм/см, pH = 6,8 7,3, Cu = 100 300 мкг/дм<sup>3</sup>.

Кроме этого, для повышения надежности работы оборудования специалистами ТЭЦ-27 система охлаждения генератора была дополнительно усовершенствована:

сальниковые уплотнения насосов охлаждения ротора и статора заменены на торцевые;

в баках системы охлаждения ротора и статора поплавковые указатели уровня заменены на электронные.

Система контроля качества охлаждающей воды на ТЭЦ-27 включена в общую систему химико-технологического мониторинга.

На этапе выбора второго турбогенератора поступило предложение от АО “Электросила” о поставке новой серии воздушного турбогенератора типа ТФП-110-2У3, головной образец которого

был изготовлен и уже находился в эксплуатации на Томской ГРЭС-2.

В 1998 г. турбогенератор типа ТФП-110-2У3 был изготовлен и поставлен на ТЭЦ-27.

Опытная эксплуатация головного образца ТФП-110-2У3 на Томской ГРЭС-2, а также вибрационно-акустические испытания аналогичного генератора на Владимирской ТЭЦ-1 выявили конструктивные недостатки турбогенератора. Требовалась доработка торцевых щитов, установка на роторе новых вентиляторов, изготовление нового направляющего аппарата и нового шумозащитного кожуха. Но конструктивное исполнение турбогенератора ограничивало дальнейшее его усовершенствование.

ТЭЦ-27 Мосэнерго обратилась на АО “Электросила” с предложением о разработке турбогенератора нового поколения. АО “Электросила” был разработан турбогенератор типа ТЗФП-110-2У3 на ту же мощность со встроенной системой охлаждения и с улучшенными технико-экономическими показателями.

В 1998 г. головной образец турбогенератора типа ТЗФП-110-2У3 был введен в опытно-промышленную эксплуатацию на ТЭЦ-27.

**Конструктивные особенности.** Турбогенератор типа ТЗФП-110-2У3 имеет форсированное охлаждение всех элементов воздухом, который циркулирует в генераторе по вытяжной схеме под действием двух вентиляторов, установленных на валу ротора, и охлаждается с помощью четырех воздухоохладителей (рис. 3).

Конструкция турбогенератора – бескорпусная.

Статор и щеточно-контактный аппарат закрыты шумозащитными кожухами.

Сердечник статора собран из сегментов электротехнической стали и вдоль оси подразделен на пакеты, между которыми имеются U-образные вентиляционные каналы, входные и выходные отверстия которых расположены на наружной поверхности сердечника, т.е. выхода охлаждающего воздуха в зазор между статором и ротором нет.

Охлаждение обмотки ротора осуществляется непосредственно воздухом с использованием подпазовых каналов бочки и вентиляционных каналов в проводниках. Клины, удерживающие обмотку в пазах, имеют выходные отверстия для охлаждающего воздуха, совпадающие с вентиляционными каналами обмотки.

Внутренний объем генератора находится под наддувом при небольшом избыточном давлении воздуха. Система очистки поступающего воздуха аналогична выполненной на турбогенераторе типа ТЗВ-110-2У3.

Щеточно-контактный аппарат выполнен со съемными бракетами.

Тепловые испытания, проведенные на турбогенераторе, показали, что он не соответствует техническим условиям по нагреву активных частей статора. Температура обмотки и активной стали статора при нагрузке 86 МВт, 78 Мвар, 6,2 кА, 10,8 кВ,  $\cos \phi = 0,74$ ,  $i_p = 1528$  А превышала допустимую на 11 и 4°C соответственно.

Было определено, что из-за несоответствия зазоров стеклотекстолитовых сегментов нормам перераспределение воздушных потоков не отвечает расчетному.

Зазоры были приведены в норму, а последующие тепловые испытания показали, что для доведения температур до нормальных значений и обеспечения разумного термического резерва требовалось в 2 раза увеличить перепад давления при полторакратном увеличении расхода воздуха через петлеобразные каналы статора.

Этого можно было достичь только, принципиально поменяв конструкцию вентиляторов, установленных на роторе.

В 2001 г. на ТЭЦ-27 и ЦРМЗ заводом-изготовителем была проведена модернизация турбогенератора с заменой вентиляторов осевого типа на центробежные, которые имеют больший напор.

Повторные тепловые испытания показали эффективность проведенной модернизации. Температуры обмоток статора и ротора, активной стали сердечника статора не превышают 120°C и разрешена эксплуатация турбогенератора ТЗФП-110-2У3 без ограничений в пределах диаграммы мощности, представленной в техническом описании и руководстве по монтажу и эксплуатации. При этом установлено, что распределение температур по длине и окружности сердечника статора имеет практически равномерный характер.

Статор турбогенератора не имеет корпуса, находясь под шумозащитным кожухом. В связи с этим наблюдается повышенная вибрация лобовых частей статора со стороны контактных колец. Это обусловлено наличием с этой стороны линейных и нулевых выводов и невозможностью их жесткой привязки.

Максимальные значения вибрации достигали 230 мкм при норме 125 мкм.

В ремонт 2002 г. заводом были выполнены мероприятия по снижению вибрации лобовых частей статора со стороны контактных колец. Суть их заключалась в бандажировании лавсановым шнуром стеклотекстолитовых сегментов колец, крепящих между собой головки стержней обмотки статора.

Проведенные испытания на штатном виброконтrole показали общее снижение вибрации по всем направлениям, но довести уровень вибрации до нормы пока не удалось.

В настоящее время ТЭЦ-27 и завод продолжают работу по доработке конструкции данного узла и в ремонт 2003 г. планируется довести вибросостояние лобовых частей до нормы.

Технические данные турбогенератора типа ТЗФП-110-2У3 приведены далее.

Мощность активная, МВт	100
Напряжение статора, кВ	10,5
Ток статора, А	7561
Частота вращения, об/мин	3000
КПД, %	98,4
Ток ротора, А	1730
Напряжение ротора, В	180
Класс изоляции обмоток статора и ротора	F

#### Эксплуатационные сведения о работе турбогенератора ТЗФП-110-2У3.

Введен в работу 5/XII 1998 г.

Капитальный ремонт с 1/VIII по 30/VIII 1999 г.  
Проведение тепловых испытаний.

Текущий ремонт с 14/VIII по 1/IX 2000 г.

Текущий ремонт с модернизацией с 2/VII по 30/VIII 2001 г. Проведение тепловых испытаний.

Аварийных отказов турбогенератора не было.

С начала эксплуатации до 1/I 2002 г. число часов работы генератора составило 20 249, выработано 1 343 593 тыс. кВт ч электроэнергии, турбогенератор находился в ремонте 2970 ч, средняя нагрузка составила 66,4 МВт.

Необходимо отметить, что специалисты ТЭЦ-27 с самого начала участвовали в разработке документации на турбогенератор ТЗФП-110-2У3, в его поэтапной сборке и проверке на стенде завода, а также в комплектации запасными частями и необходимыми приспособлениями.

На турбогенераторах применены тиристорные статические системы возбуждения:

- на ТЗВ-110-2У3 – СТС-МРУ-165-2800-2,5УХЛ4;
- на ТЗФП-110 2У3 – СТС-PM-220-1900-2,5УХЛ4.

На этапе выбора системы возбуждения для первого турбогенератора ТЗВ-110-2У3 самой современной на тот момент была микропроцессорная система, разработанная НИИ Электромаш. Силовая часть изготовлена на АО “Сила”, шкафы управления тиристорными преобразователями и возбуждением – в НИИ Электромаш.

Так как система выполнена двухканальной и переход по каналам осуществляется без развозбуждения, то фирмой ОРГРЭС было рекомендовано эксплуатировать турбогенератор без резервного возбудителя.

Но по настоянию специалистов ТЭЦ-27 резервный возбудитель для ТГ-1 в 1996 г. был все-таки временно установлен, потому что оба канала возбуждения объединены на один шкаф ШСВ и здесь нет резерва, и к тому же для проведения электрических испытаний и снятия характеристик турбогенератора требуется сложная перенастройка всей системы возбуждения. Но этот возбудитель не обеспечивал работу турбогенератора во всем диапазоне нагрузок.

Вместе с ТГ-2 в 1998 г. был введен в работу резервный возбудитель типа ГПС-700-900УЗМ для ТГ-1 и ТГ-2 с электродвигателем ДА-1612-6У3, и в 2001 г. проведена работа по переводу ТГ-1 на один резервный возбудитель.

Для турбогенератора ТЗФП-110 2У3 АО “Электросила” предложило систему возбуждения собственной разработки. На ТЭЦ-27 для надежной эксплуатации была необходима унификация по части управления системами ТГ-1 и ТГ-2. Силовая часть изготавливается на АО “Электросила”, а управление – в НИИ Электромаш. При этом трансформатор возбуждения был изготовлен на заводе Уралэлектротяжмаш и прошел предварительные испытания в НИЦ ВВА.

За время эксплуатации систем возбуждения турбогенераторов на ТЭЦ-27 выявлены такие неисправности и дефекты:

на ТГ-2 на втором канале в ШУСВ сгорели блоки питания, из-за чего процессор УВМК не мог продолжать работу;

на ТГ-2 в понижающем трансформаторе собственных нужд системы возбуждения произошло КЗ между первичной и вторичной обмотками из-за дефекта изготовления;

на ТГ-1 выявлен сильный нагрев рубильников в шкафу ШСВ из-за неправильной заводской сборки и регулировки.

К работе контроллеров претензий не было, они отличаются помехоустойчивостью и магнитной совместимостью.

Микропроцессор В-10 показал надежную работу. Недостаток – невозможность включения в интегрированную АСУ ТП.

Оба турбогенератора оснащены автоматической системой контроля и диагностики АСКДГ.

На первом турбогенераторе ТЗВ-110-2У3 была установлена автономная АСКДГ разработки ИТЦ “Черноголовка”. Ее работа связана с большим числом дефектов блоков питания и отдельных модулей. Поэтому при выборе системы для ТГ-2 было принято решение выполнить АСКДГ на средствах ПТК “КВИНТ”. Впоследствии АСКДГ ТГ-1 силами персонала ТЭЦ-27 также переведена в АСУ ТП.

Стоит сказать и о такой немаловажной детали в эксплуатации, как эстетический внешний вид новых турбогенераторов. Узлы нулевых выводов ТГ-1 и ТГ-2, возвышающиеся над генераторами, не продуманы с точки зрения дизайна и к тому же уязвимы; ТГ-2, выполненный в форме параллелепипеда, выпадает из общего ансамбля турбоагрегата.

## Выходы

1. Освоение головных образцов турбогенераторов 110 МВт с полным водяным и воздушным охлаждением на ТЭЦ-27 проведено успешно.

2. Эксплуатация турбогенераторов ТЗВ-110-2У3 и ТЗФП-110-2У3 на ТЭЦ-27 показала преимущества данных типов генераторов перед машинами с водородным охлаждением – отсутствие сложных узлов уплотнений, электролизерной, уменьшение численности обслуживающего персонала и сокращение объема работ.

3. Сравнительный анализ турбогенераторов ТЗВ-110-2У3 и ТЗФП-110-2У3, с точки зрения эксплуатации, показал следующее:

преимущества ТЗВ-110-2У3: отличное тепловое состояние на всех режимах нагрузки, полная пожарная безопасность, низкий уровень шума;

преимущества ТЗФП-110-2У3: малые эксплуатационные и ремонтные затраты, небольшое количество вспомогательного оборудования, сокращенное время подготовки к пуску, увеличенный межремонтный период, упрощенное ведение режима эксплуатации;

недостаток ТЗФП-110-2У3: повышенный шум, недоработан шумозащитный кожух со стороны контактных колец.

## АСУ ТЭЦ-27. Разработка, освоение и развитие

Долинин И. В., канд. техн. наук, Тарасов Д. В., инж.

### ТЭЦ-27 Мосэнерго

С самого начала строительства ТЭЦ-27 мы ставили перед собой цель – создать современную электростанцию с применением передовых научно-технических разработок, в том числе и в части автоматизированных систем управления технологическим процессом.

Разработка систем автоматизации на ТЭЦ-27 началась в 1991 г. с поиска программно-технического комплекса (ПТК), который бы соответствовал нашим целям. В то время мы, как и многие другие, шли по пути создания автоматизированных систем управления отдельными объектами одновременно с вводом пусковых комплексов, стараясь найти и использовать самые лучшие разработки (как зарубежные, так и отечественные). При этом всегда удавалось выполнить поставленные на тот момент задачи и достичь положительных результатов внедрения, в том числе и по соотношению цена – качество.

В период с 1993 по 1995 г. в результате совместной работы специалистов ТЭЦ-27 с такими организациями, как ЦНИИКА, НИИТеплоприбор, НПК “Дельфин-Информатика”, АО Электроцентроналадка, были внедрены АСУ газорегуляторного пункта (с использованием контроллеров “Ломиконт”), АСУ пускового парового котла Е-50 (на контроллерах Р-200), АСУ комплекса химводоочистки (на базе контроллеров ТКМ-51).

Приступив к строительству энергоблока № 1, мы долго выбирали ПТК, на базе которого можно было бы реализовать разработанное нами техническое задание на автоматизированную систему управления энергоблоком. Были рассмотрены уже эксплуатируемые у нас программно-технические средства, а также другие предлагаемые в то время ПТК, в том числе и зарубежные (в частности, фирм Siemens и ABB).

К этому времени ВТИ и НИИТеплоприбор представили усовершенствованный ими ПТК под названием “КВИНТ” на базе контроллеров Р-200. После детального анализа и обсуждений было принято решение об использовании его в качестве базового ПТК для АСУ тепломеханического оборудования энергоблока № 1, а позднее – в качестве базового ПТК и для электростанции в целом.

Первоначально взаимоотношения между участниками проекта строились по традиционной схеме: разработчик системы, поставщик программно-технических средств, проектировщики, наладчики, заказчик. Но уже вскоре после начала работы стало ясно, что на довольно большое число

вопросов, требующих в сжатые сроки принятия решений всеми сторонами, не удается получить ответы, причем ряд теоретических технических решений нуждался в практической проверке (с последующей корректировкой).

И тогда принимается очень важное решение о создании на территории НИИТеплоприбор полно-масштабного полигона для отладки как аппаратной, так и программной части АСУ ТП (включая технологические программы) и организации единого коллектива для разработки, наладки и внедрения АСУ ТП энергоблока № 1. Благодаря объединению различных специалистов, имеющих богатый опыт в своей области и работающих на одну задачу, удалось получить то, что имеем сегодня.

Координатором работ на всех этапах создания АСУ ТП были руководители и специалисты ТЭЦ-27. Одновременно с разработкой прикладного программного обеспечения силами специалистов объединенного коллектива из числа сотрудников организаций НИИТеплоприбор, Электроцентроналадка, Мосэнергопроект, ВТИ, ТЭЦ-27 шла доработка как базового программного обеспечения, так и контроллеров ПТК “КВИНТ” для реализации поставленных задач АСУ ТП. Одновременно с этим происходили профессиональный рост и взаимное обучение специалистов, что впоследствии позволило в сжатые сроки с высоким качеством произвести монтаж и наладку и осуществлять квалифицированную эксплуатацию АСУ ТП, а также продолжить дальнейшую работу по модернизации программно-технических средств и наращиванию функций АСУ ТП.

Работы на полигоне проводились параллельно несколькими группами:

доработка, проверка, тестирование технических средств (включая метрологические испытания при повышенной температуре);

доработка, проверка, тестирование базового программного обеспечения (включая разработку новых алгоритмов);

разработка, проверка технологических программ (с использованием как динамических, так и статических имитаторов);

разработка пользовательского интерфейса с учетом эргономики, в том числе мнемокадров, мнемосимволов, окон управления и др.

Во всех этих работах принимали участие специалисты ТЭЦ-27, поэтому в проведении специального обучения ремонтного персонала не было необходимости. Оперативный персонал ЦТАИ по-

очередно прошел обучение на полигоне во время отладки прикладных программ.

Участие специалистов-технологов КТЦ ТЭЦ-27 в создании библиотеки мнемосимволов, окон управления, алгоритмов управления, мнемокадров с учетом специфики и требований, сложившихся в отечественной энергетике, позволило создать удобный, интуитивно понятный (с соблюдением преемственности традиционных форм управления и отображения) пользовательский интерфейс. Это, в свою очередь, не требовало специального обучения оперативного персонала КТЦ, а практические навыки машинисты блока получили в течение двух недель (в период проведения предпусковых операций: опробование арматуры, механизмов и др.).

Поскольку переход на управление энергоблоками с помощью АСУ ТП происходил впервые, опыт эксплуатации подобных систем в Мосэнерго отсутствовал, было принято решение установить ограниченное число дублирующих ключей на щите управления, а также использовать мнемосхему, что и было реализовано. Однако управление арматурой и механизмами с помощью ключей осуществляется не напрямую, а через контроллеры (за исключением нескольких ключей прямого действия), а мнемосхема, в отличие от традиционной, не активная. На ней расположены несколько цифровых приборов и ограниченное число табло сигнализации.

В 1996 г. одна из первых в России полнофункциональных АСУ ТП тепломеханического оборудования энергоблока 80 МВт (станц. № 1) была принята в эксплуатацию.

В первое же время эксплуатации мы убедились в том, что при управлении с помощью АСУ ТП нет необходимости использования дублирующих индивидуальных ключей и мнемосхемы, так как все функции реализованы в АСУ.

Созданная АСУ ТП эффективно работает во всех эксплуатационных режимах технологического оборудования:

при нормальной работе в регулировочном диапазоне нагрузок;

при остановах в резерв;

при пусках;

при аварийных ситуациях.

При этом решены следующие задачи:

контроль состояния и диагностика основного оборудования;

автоматическое регулирование генерируемой реактивной мощности и поддержание напряжения на шинах распределительств в нормальном режиме, автоматические отключения (переключения) для защиты оборудования и восстановления питания потребителей в аварийном режиме;

технический учет электроэнергии и управление экономичностью энергоблоков;

релейная защита и автоматика (АПВ, АВР, блокировки, сигнализация);

минимизация вредных выбросов энергоблоков с соблюдением принятых норм;

обеспечение эффективных и безопасных условий работы оперативного персонала, контроль за действиями оперативного персонала, ведение оперативной документации;

возможность наращивания функций АСУ ТП при дальнейшем строительстве и реконструкции станции.

В ходе работ по созданию АСУ ТП энергоблока № 1 нам стало ясно, что многие задачи невозможно решить в рамках АСУ ТП энергоблока, и как следствие этого, появился проект по АСУ ТП станции, который включает в себя как теплотехническое, так и электротехническое оборудование.

Следующая задача, которую мы поставили перед собой, – объединение всех локальных и вновь создаваемых АСУ в единый организм – интегрированную АСУ ТЭЦ-27, охватывающую все основное и вспомогательное электро- и тепломеханическое оборудование и системы, традиционно относящиеся к АСУ П.

Интегрированная АСУ теплоэлектростанции – не просто совокупность разнотипных контроллеров, реализующих различный набор функций. Простое соединений нескольких, даже самых хороших программно-технических средств, как правило, не дает положительного эффекта, а иногда даже ухудшает характеристики отдельных компонентов. Только тесная многоуровневая интеграция в рамках заранее определенной концепции позволяет получить новое качество, так называемый, системный эффект.

На ТЭЦ-27 были приняты следующие основные положения интеграции:

локальные подсистемы интегрируются в базовый ПТК целиком (со своими сетями, устройствами верхнего уровня, системой единого времени и программами);

локальные подсистемы автономны, т.е. при нарушении связи с базовым ПТК они хотя и теряют часть функций (единое время, архивирование), но остаются полностью работоспособными;

задачи решаются одновременно на нескольких уровнях – контроллерном, верхнем уровне АСУ ТП, уровне АСУ П;

все подсистемы работают в едином информационном пространстве (единая система архивирования и ретроспективного анализа, единые принципы представления информации, единая база данных, единое время и др.);

осуществляется взаимообмен информацией между АСУ ТП и АСУ П.

Специалисты ТЭЦ-27 вместе с коллективом разработчиков пошли по пути поиска и объединения нескольких ПТК, каждый из которых наилучшим образом (в том числе и по стоимости программно-технических средств) реализует какую-либо одну или несколько функций или задач. Кро-

ме того, ожидалось, что такое деление повысит надежность работы и эксплуатации как отдельных автономных подсистем, так и комплекса АСУ в целом, что и подтвердилось в последующем.

В качестве базового программно-технического комплекса был принят ПТК "КВИНТ" разработки НИИТеплоприбор, производства ЧПЗ "Элара", который в ходе развития и эксплуатации АСУ станции постоянно совершенствуется разработчиками по предложениям специалистов ТЭЦ-27 с учетом возрастающих потребностей, увеличением надежности программно-технических средств и появлением новых задач в составе АСУ ТЭЦ.

Для решения задачи защите электротехнического оборудования применена подсистема электрических защит и автоматики разработки и поставки "АББ Реле-Чебоксары". В качестве электронных осциллографов используются быстродействующие аналоговые регистраторы событий (БАРС) разработки ВЭИ, производства ЧПЗ "Элара". Кроме того, используются контроллеры "Ломиконт" Л-110 производства АО "Электроприбор", контроллеры ТСМ-51 (разработка и производство АО "Текон").

С АСУ ТП тепломеханического оборудования особых проблем не возникало: уже имелся большой опыт внедрения такой системы на блоке № 1, однако здесь была реализована новая версия фирменного программного обеспечения, что позволило улучшить информационный обмен сетевых устройств.

Сложной задачей явилось создание АСУ ТП электротехнического оборудования.

На ТЭЦ-27 была сформирована группа АСУ электротехнического оборудования, в которую вошли специалисты цеха АСУ и электрического цеха ТЭЦ, службы РЗА Мосэнерго, специалисты института Мосэнергопроект и НИИТП, и предприятия Электроцентроналадка. Работа этой группы была направлена на проработку вариантов реализации АСУ ТП электротехнического оборудования и подготовку в кратчайший срок технического задания на разработку интегрированной АСУ, включающей в себя и АСУ ТП электрической части.

Был окончательно определен объем оборудования энергоблока № 2, оснащавшегося средствами "АББ Реле-Чебоксары": генератор 110 МВт, трансформатор связи 110 МВт, трансформатор с.н. 25 МВт, ВЛ 220 кВ – 4 шт., КРУ 10 кВ – 24 ячейки, КРУ 6 кВ – всего 50 ячеек, защиты ШСВ на ГРУ 10 кВ – всего 104 защитных терминала.

Здесь необходимо отметить, что микропроцессорные защитные терминалы при всей их важности не могут составлять основу современной АСУ электротехнического оборудования электростанции по следующим причинам:

1. Имеется большое число сигналов, не связанных напрямую с защитами, но необходимых

эксплуатационному персоналу электростанции: состояние коммутационных аппаратов, выключателей, линейных разъединителей и заземляющих ножей, состояние традиционных средств РЗА, положение ключей управления и др. Эти сигналы должны поступать в систему независимо от состояния электрооборудования и защит. Число сигналов столь велико, что ввести их в защитные терминалы, используя резервные входы, невозможно, а применение для этой цели специализированных средств существенно увеличивает стоимость.

2. Сами сетевые системы, обслуживающие только защитные терминалы, как правило, не рассчитаны на передачу больших информационных потоков и имеют неудовлетворительные для полномасштабной АСУ временные характеристики при передаче сигналов управления, аналоговых измерений и др.

3. Точность аналоговых каналов, используемых для защите, как правило, недостаточна.

По этим причинам все управление, контроль и блокировки в АСУ электрической части ТЭЦ-27 были реализованы на средствах ПТК "КВИНТ".

В ноябре 1998 г. энергоблок № 2 был пущен в работу вместе с полномасштабной интегрированной АСУ ТП тепломеханического и электротехнического оборудования.

Некоторые подсистемы, входящие в АСУ ТП (такие, как АСУ ЦНС, ГРП, ХВО, подсистема электрических защит), имеют разные средства технологического программирования, несовместимые коммуникации и средства верхнего уровня, которые не взаимодействуют друг с другом и с ПТК "КВИНТ". Для интеграции подсистем в базовую систему ПТК "КВИНТ" специалистами НПК "Дельфин-Информатика" по предложению и с участием ТЭЦ-27 были разработаны резидентные шлюзы.

Образно говоря, резидентный шлюз преобразует информацию между ПТК "КВИНТ" и подсистемой таким образом, что "КВИНТ" "видит" подсистему как один из своих "Ремиконтов", а подсистема, в свою очередь, не видит верхнего уровня "КВИНТ" с его операторскими и другими станциями, а просто передает информацию в знакомом ему протоколе. Благодаря специальному программному обеспечению резидентных шлюзов все сигналы от подсистем (включая сигналы о неисправностях) в ПТК "КВИНТ" неотличимы от сигналов, генерируемых контроллерами "Ремиконт".

Таким образом, хотя отдельные подсистемы реализованы на различных программно-технических средствах, их нельзя рассматривать как обособленные локальные АСУ ТП технологических объектов. Все эти подсистемы интегрированы в единую АСУ ТЭЦ и обеспечивают получение любой информации, входящей в ИАСУ, на любом рабочем месте.

Основные преимущества такого подхода:

интеграция различных программно-технических средств (как правило, контроллерный уровень) в базовый ПТК. Например, контроллеры ТКМ, "Ломиконт", БАРС, подсистема электрических защит АББ используются в базовом ПТК "КВИНТ" аналогично собственным контроллерам Р-200;

интеграция локальных подсистем (ХВО, блоки 1, 2, электротехнической части и др.) в единую АСУ ТП станции, что позволяет организовать АРМ руководителей, в том числе, АРМ НСС;

многоуровневая система реализации задачи (частично на различных уровнях АСУ ТП, частично в АСУ П с использованием как конечных, так и промежуточных расчетов для реализации других задач АСУ ТП и АСУ П). Например, расчет ТЭП станции, включая оперативные ТЭП;

использование информации как АСУ ТП для реализации задач АСУ П (например, рабочие места начальников цехов, специалистов), так и информации АСУ П для реализации задач АСУ ТП (например, нормативно-справочная информация по оборудованию, бланки, программы переключений и др.);

однократный ввод сигналов, использующихся несколькими подсистемами (за исключением необходимого дублирования), что позволяет сократить число датчиков и повысить надежность.

Одним из основных направлений работ при создании интегрированной АСУ ТП ТЭЦ-27 стала унификация. Так, на ТЭЦ применяются десятки задвижек разного исполнения с разными характеристиками и областью применения (от небольших вентилей до затворов со временем хода 45 мин). Однако для оперативного персонала или архива АСУ все задвижки функционально одинаковы, важно место задвижки в технологическом процессе, а не то, как она устроена или как она подключена и каким контроллером управляетя.

На практике, если задвижки в разных подсистемах подключены к контроллерам разного типа, то даже однотипные задвижки будут иметь различный набор состояний, команд, разную кодировку и разный способ представления для верхнего уровня АСУ ТП или смежной подсистемы. Именно в этом заключена основная трудность построения интегрированных АСУ ТП (а не только различия в используемых средствах связи и протоколах, как это часто принято считать).

На начальных этапах проектирования ИАСУ ТП ТЭЦ-27 была сформулирована некоторая совокупность функциональных понятий, которая позволила однозначно и формально строго описать свойства ИАСУ. Такое формальное описание инвариантно по отношению к конкретным техническим средствам, имеет адекватную поддержку и реализацию всех своих компонентов в базовых средствах автоматизации.

К числу таких понятий, прежде всего, следует отнести понятие "объект".

При создании формального описания ИАСУ ТЭЦ-27 в основу была положена библиотека технологических объектов ПТК "КВИНТ". В эту библиотеку входят несколько десятков алгоритмов (аналоговый/дискретный датчики, задвижка, двигатель, регулятор, разъединитель, трансформатор и др.). По техническим заданиям ТЭЦ-27 значительная часть алгоритмов была переработана, а также добавлены новые.

Под объектом принимается логический элемент АСУ ТП, который обладает заданными свойствами и которым можно манипулировать как единым целым: отобразить на операторской станции, изменить состояние (включить, выключить), архивировать, фиксировать возникающие в объекте события, ошибки и др.

Таким образом, излагаемый подход позволяет в функциональном аспекте рассматривать ИАСУ станции как совокупность технологически связанных объектов, а отдельные ее локальные подсистемы – как подмножества этой совокупности. При этом объекты группируются в соответствии с их местом и ролью в технологическом процессе, а не структурой технических средств их реализующих.

Как результат интеграции подсистем АСУ при увеличении объема технологического оборудования, введенного в АСУ, число обслуживающего персонала не увеличилось.

В настоящее время в ИАСУ ТЭЦ-27 включено тепломеханическое оборудование энергоблоков 1 и 2 и пиковой водогрейной котельной, электротехническое, химико-водоподготовительное и общестанционное оборудование, включая циркнасосную станцию и газорегуляторный пункт (рис. 1).

Системный подход к построению АСУ ТП позволяет эффективно управлять технологическим процессом, используя свойства всех локальных подсистем и обеспечивая необходимое информационное и управляющее взаимодействие между компонентами этих подсистем.

Система устойчива к отказам оборудования, т.е. отказ отдельных модулей или узлов системы не приводит к ухудшению работы других. В ней предусмотрена возможность развития, модернизации и наращивания как по числу обрабатываемых сигналов, так и по функциям.

Как результат интеграции подсистем АСУ удалось реализовать:

автоматизированные рабочие места оперативного, ремонтного и административно-технического персонала с единым пользовательским интерфейсом;

расчетно-диагностические задачи для технологического оборудования ТЭЦ (включая электротехническое) на основе единого архивного пространства;

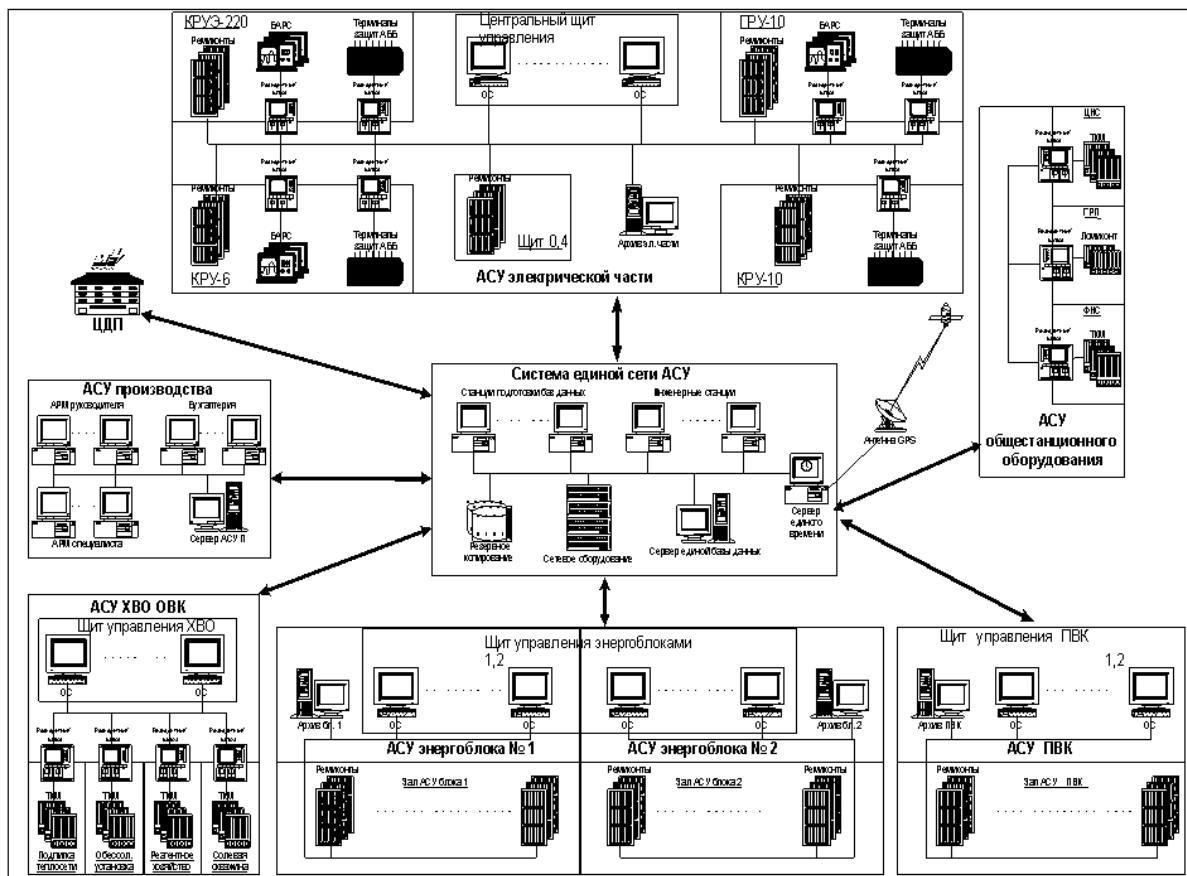


Рис. 1

сокращение оперативного и ремонтного персонала за счет унификации программно-технических решений, введения интеллектуальных средств диагностики, оптимального распределения зон обслуживания между подразделениями предприятия.

На всех этапах от постановки задач, разработки и до внедрения персонал ТЭЦ являлся организатором и координатором работ, а также принимал непосредственное участие в создании АСУ. Это, а также выполнение всех нормативно-технических требований, требований должностных инструкций и эргономики позволило создать автоматизированные рабочие места, обеспечивающие реализацию задач персонала ТЭЦ.

Верхний уровень интегрированной АСУ ТП ТЭЦ-27 представляет собой автоматизированные рабочие места эксплуатационного персонала, предназначенные для ведения технологического процесса и обслуживания программно-технических средств, а также станции верхнего уровня, связанные с обеспечением единого времени в АСУ, хранением и анализом архивной информации, расчетными задачами и т.п.

Для передачи данных на большие расстояния используются оптоволоконные линии связи, не чувствительные к электромагнитным помехам, что в совокупности с рядом других выполненных мероприятий позволило решить проблемы элект-

ромагнитной совместимости и обеспечить защиту всех программных и технических средств АСУ от различных помех.

Для защиты АСУ ТП от несанкционированных и ошибочных действий реализована разветвленная система безопасности, в которой использованы система паролей, администрирование баз данных, различные типы блокировок, индивидуальные карты для перевода операторской станции в режим управления и др.

Все программно-технические средства, входящие в состав АСУ ТП станции, подключены к системе единого времени. При этом для защитных терминалов достигается точность 1 – 5 мс, для остальных – 10 – 100 мс (в зависимости от решаемых задач).

Для хранения информации о работе электротехнического и тепломеханического оборудования, отказах программно-технических средств АСУ ТП и действиях персонала используется специализированная высокопроизводительная система архивирования.

Интегрированная АСУ ТП ТЭЦ-27 характеризуется большим числом обрабатываемых сигналов, объектов управления и повышенными требованиями к надежности управления объектами:

- входных аналоговых сигналов 5240;
- входных дискретных сигналов 21 685;

выходных дискретных сигналов 8534; всего число сигналов по всем подсистемам 35 459.

В качестве исходной посылки при определении состава функций АСУ был принят следующий тезис: основной задачей оператора является общее наблюдение за ходом технологических процессов и состоянием оборудования, и поэтому его не следует на длительное время загружать выполнением частных задач управления.

Исходя из этого, на АСУ ТП возлагается автоматическое выполнение следующих функций:

обработка информации о ходе технологических процессов, состояний оборудования и работе автоматики (включая регистрацию предыстории и развития аварийной ситуации) и представление ее в наглядной форме оператору;

регулирование технологических параметров при нормальной работе оборудования в регулировочном диапазоне нагрузок с помощью комплекса автоматических регуляторов, ориентированных на решение как внешних, так и внутриблочных задач непрерывного управления;

учет технологических ограничений с сохранением автоматического регулирования наиболее ответственных технологических параметров за счет соответствующего изменения нагрузки или отклонения от оптимума менее ответственных технологических параметров;

регулирование технологических параметров в пусковых и остановочных режимах с помощью специальных регуляторов для этих режимов или всережимных регуляторов, охватывающих весь диапазон режимов работы установки, при этом включение регуляторов, вводимых в работу при возникновении определенных условий по ходу пуска, производится автоматически;

выполнение дискретных операций, связанных с изменением параметров настройки и структуры отдельных регуляторов;

формирование программ изменения задания регуляторам в пусковых и остановочных режимах;

управление оборудованием в идентифицируемых аварийных ситуациях посредством технологических защит с автоматическим вводом по ходу пуска тех защит, которые не могут быть введены с началом пуска;

блокировки и автоматическое включение резерва (АВР);

автоматическое шаговое логическое управление.

Основными точками взаимодействия персонала с АСУ станции являются автоматизированные рабочие места (АРМ).

Автоматизированные рабочие места начальника смены электроцеха, начальника смены станции, машиниста энергоблока, аппарачтика ХВО включают в себя операторские и событийные станции, установленные на щитах управления.

Операторская станция – это совокупность аппаратных и программных средств, используемых оператором-технологом для избирательного представления технологической информации на экране монитора и для ручного управления.

Технологическая информация представляется на экране операторской станции в виде статической, динамической, архивной и базовой информации. Все оборудование и технологический процесс в целом представляются на операторской станции в виде мнемосхем, сгруппированных на мнемокадрах по принципу “от общего к частному” (рис. 2). Переход между мнемокадрами может быть осуществлен как через верхнее меню, так и при помощи экранных кнопок прямого вызова, расположенных непосредственно на мнемосхемах. Все объекты операторской станции анимированы.

Операторская станция обеспечивает:

представление информации в виде мнемосхем, цифровых значений, барографов, графиков, трендов, текстов, рисунков, использование цвета и мигания (здесь операторская станция заменяет традиционные показывающие приборы, ламповые индикаторы, самописцы с бумажной лентой);

сигнализацию о нарушениях хода технологического процесса или неисправностях технических средств (в этом отношении операторская станция заменяет традиционные средства световой и звуковой сигнализации).

Ручное управление выполняется с помощью мыши. Оператор может изменять режимы работы и состояния отдельных виртуальных объектов (регуляторов, шаговых программ), а также управлять положением реальных исполнительных устройств. В этом отношении операторская станция заменяет традиционные ключи и блоки ручного управления.

Кроме оперативного персонала информация предоставляется директору, главному инженеру, начальнику смены станции, руководящему персоналу КТИЦ, ПТО и другим в объеме, необходимом для их работы.

Событийная станция принимает архивную событийную информацию от архивной станции, информацию о технологических ошибках и срабатываниях защит от “Ремиконтов”. Принятая информация выводится на экран в реальном масштабе времени в виде двух списков: штатных и нештатных событий. Параллельно с операторской станцией событийная помогает следить за ситуацией на объекте: оператор может видеть, соответствует ли последовательность событий той, которую он ожидает (например, в процессе пуска или останова оборудования). Событийная станция также привлекает внимание оператора к непредусмотренным событиям (например, выходу величины сигналов за пределы разрешенного диапазона), что позволяет принять опережающие меры против нежелательного развития процесса.

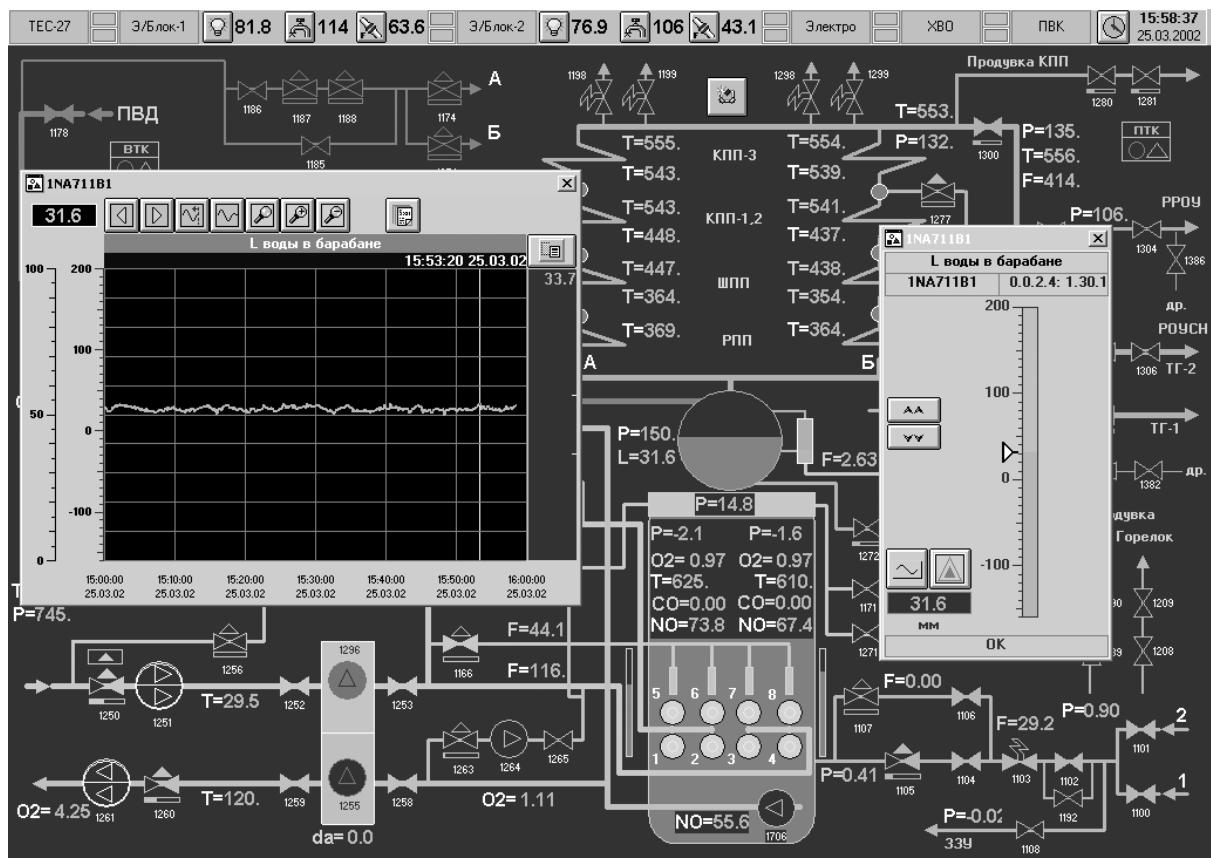


Рис. 2

Среди реализованных сервисных функций АСУ, позволяющих оптимизировать технологический процесс, можно отметить следующие:

ПАС (регистрация аварийных ситуаций) и АДЗ (анализ действия защит), включая: анализ исполнительной логики цепей защит, анализ реакции механизмов и арматуры на действия технологических защит, анализ фактических значений по выдержкам времени;

оперативный АДЗ, включающийся при отключении оборудования защитой, назначением которого является своевременное оповещение оперативного персонала о несоответствии фактических состояний объектов управления основного и вспомогательного оборудования требуемому в результате действия технологических защит. АДЗ позволяет оператору выполнить действия, предотвращающие развитие аварии и повреждения оборудования в случае неполного выполнения операций при действии защит;

расчет диаграммы мощности генератора, на которой в реальном масштабе времени определяются границы области допустимых режимов работы генератора и текущий режим;

расчет количества часов наработки, числа включений и отключений технологического оборудования и др.;

диагностические задачи и анализ состояния оборудования (как тепломеханического, так и электрического);

анализ ведения технологических режимов (“Контроль над превышением допустимых уровней температур среды по тракту и металла поверхностей нагрева котлоагрегатов”, “Оценка пусков и остановов энергоблоков по критериям надежности”, “Анализ отклонений показателей автоматического контроля водно-химического режима энергоблока” и др.), анализ влияния отклонений технологического режима на технический ресурс оборудования;

представление справочных данных и информации (в том числе и бланков переключений, подсказок оператору по ведению режима при той или иной технологической ситуации) на операторских станциях машиниста энергоблока, начальника смены электрического цеха, аппаратчика химического цеха;

электронный журнал дефектов и др.

В рамках интегрированной АСУ ТЭЦ-27 решен ряд задач, не связанных напрямую с управлением технологическим оборудованием, но позволяющих выйти на качественно новый уровень управления производством, в том числе АРМ руководителя, экологический мониторинг, расчет

обобщенных технико-экономических показателей, контроль термонапряженного состояния и др.

Автоматизированное рабочее место руководителя реализовано на базе операторской станции ПТК "КВИНТ", работающей в информационном режиме и получающей информацию из архива.

Такая реализация позволяет организовать рабочее место руководителя любого участка, обслуживающего или эксплуатирующего тепломеханическое, электротехническое оборудование, оборудование ХВО и др., а также руководителей высшего звена – главного инженера, начальника ПТО и др., для которых доступна любая информация по всему технологическому оборудованию ТЭЦ.

При этом используются те же мнемокадры, что и на рабочих местах НСС, НС КТЦ, НС ХЦ, НС ЭЦ, машинистов энергоблоков, машинистов ВК, лаборантов ХЦ и др.

Автоматизированное рабочее место руководителя позволяет контролировать как текущее состояние технологических процессов (в реальном масштабе времени), так и ведение технологических процессов в прошлом за любой выбранный промежуток времени (как на видеомагнитофоне). При этом возможно изменение масштаба времени (например, 10 с на экране операторской станции соответствуют 10 мин реального времени технологического процесса), что упрощает анализ непростых ситуаций, произошедших с оборудованием, а также разбор и оценку действий оперативного персонала.

**Экологический мониторинг ТЭЦ-27** представляет собой реализованную на средствах ПТК "КВИНТ" многоцелевую информационно-управляющую систему для оперативного контроля и управления режимами работы энергетического оборудования и электростанции в целом по экологическим показателям.

Система обеспечивает непрерывный автоматический контроль экологических параметров выбросов по каждому котлоагрегату (энергетическому и водогрейному), а также расчет валовых выбросов нормируемых вредных веществ в атмосферу и степени влияния ТЭЦ-27 как источника вредных выбросов на окружающую среду.

По температуре наружного воздуха, скорости и направлению ветра, контролируемых метеодатчиками на крыше главного корпуса ТЭЦ-27, производится расчет параметров выброса газовой смеси из дымовой трубы и расчет поля рассеивания выбросов в атмосфере с учетом реальных метеоусловий. При этом определяются максимальный вклад ТЭЦ-27 в приземную концентрацию вредных примесей, расстояние и направление от источника, на котором эта концентрация достигается, и концентрация в точке максимального влияния. Архивирование и дальнейшая обработка полученной информации позволяют получить среднесуточные значения, выделить максимальные значения за сутки,

рассчитать валовые суточные выбросы и осредненные параметры с учетом реальных метеорологических условий. Вся эта информация передается также на АРМ инженера-эколога ТЭЦ-27 для анализа и оформления отчетов.

Текущая экологическая обстановка в зоне влияния ТЭЦ-27 отображается на экране операторской станции начальника смены станции. При превышении норматива выброса каким-либо котлом или суммарно система выдает светозвуковой сигнал на операторской станции. При получении от МосЦГМС информации о приближении неблагоприятных метеоусловий начальник смены станции с помощью подсистемы экологического мониторинга вводит и контролирует исполнение режимов сокращения выбросов.

**Расчет нормативных и фактических технико-экономических показателей (ТЭП)** за выбранный промежуток времени (смена, сутки, декада, месяц и др.) выполняется по архивным данным на АРМ ПТО. Сюда относятся как общестанционные расчеты (выработка тепла и электроэнергии, расход газа и химреагентов, потери технической и химочищенной воды, потери электроэнергии), так и расчеты по отдельным агрегатам (конденсационная установка, турбина и др.). Начальник ПТО имеет, таким образом, всю необходимую информацию для корректировки работы сменного персонала в части повышения эффективности работы электро-, тепломеханического и химико-водоподготовительного оборудования, информацию в плане подготовки к очередной ремонтной кампании, и, наконец, практически готовые отчетные формы по расчету ТЭП для представления в вышестоящие надзорные органы.

**Контроль термонапряженного состояния.** Изменения температуры пара и нагрузки на нестационарных режимах работы турбины (пуски, остановы, плановые изменения нагрузки) приводят к возникновению температурных напряжений в металле ее элементов вследствие неравномерных процессов прогрева или охлаждения различных участков, из-за чего происходит сокращение срока службы турбины. Главной задачей контроля термонапряженного состояния элементов паровой турбины является выявление опасных отклонений текущих параметров пара и нагрузки турбины от заданных, а также определение допустимых границ изменения этих параметров на переменных режимах эксплуатации, исходя из заданного срока службы и требований к маневренности оборудования. При этом фиксируются фактические условия эксплуатации путем расчета термонапряженений в роторе высокого давления, в сечении регулирующей ступени и в стенке стопорного клапана паровой турбины.

Эта функция позволяет оператору видеть фактический расход ресурса ротором высокого давления, наблюдать за отклонениями режимных пара-

метров от режимной карты при пусках-остановах турбоагрегата путем визуального контроля величины и характера изменения термоаппаратуры в роторе высокого давления, а также помогает принимать решения по ходу пуска турбоагрегата. При недовыработке ресурса ротором высокого давления можно увеличить скорость роста температуры в регулирующей ступени ЦВД, тем самым сократить время пуска и уменьшить расход топлива на пуск, а при перерасходе ресурса – наоборот, снизить этот параметр для уменьшения уровня термоаппаратуры.

На ТЭЦ-27 Мосэнерго задачи оптимизации управления производством решаются путем создания АСУ предприятия. Это обусловлено уровнем технологии электростанции и решаемыми задачами, при этом все задачи используют единое информационное пространство. АСУ предприятия включает в себя АСУ П и интегрированную АСУ ТП. В качестве источников данных выступают различные подсистемы АСУ ТП, базы данных, пакеты автоматизации бизнес-процессов и др.

Реализация задач АСУ предприятия неразрывно связана с организацией автоматизированных рабочих мест (АРМ) оперативного и руководящего персонала электростанции.

В реализованных рабочих местах цехов и отделов ТЭЦ-27 органично соединены задачи, традиционно относившиеся к АСУ П и АСУ ТП, что дает обширную информацию для принятия управленческих, оперативных и неоперативных решений. При этом используются два варианта интеграции задач АСУ П и АСУ ТП:

использование информации как АСУ ТП для реализации задач АСУ П, так и информации АСУ П для реализации задач АСУ ТП;

многоуровневая система реализации задачи частично в АСУ ТП, частично в АСУ П с использованием как конечных, так и промежуточных расчетов для реализации других задач АСУ ТП и АСУ П. При этом для всех них единым информационным пространством является архив технологической информации.

По мере увеличения объемов информации все более актуальной становится проблема перехода к новой стратегии в области информационных технологий, а именно, к созданию информационной системы предприятия, которая позволит решать проблемы управления на качественно новом уровне.

Целью создания такой системы является обеспечение руководства предприятия достоверной, своевременной и достаточной производственной и экономической информацией для принятия решений по управлению предприятием.

На сегодняшний день в состав автоматизированной системы управления производством на ТЭЦ-27 входят следующие подсистемы управления (с соответствующими АРМ):

бухгалтерский учет и анализ хозяйственной деятельности;

управление материально-техническим снабжением;

управление трудом и кадрами;

управление производственно-технической деятельностью;

управление надежностью и ТБ;

управление энергомонтажом (электронные журналы дефектов, подготовка и согласование вывода оборудования из работы, планирование ремонтов и др.);

управление стандартизацией и метрологией;

управление капитальным строительством;

управление транспортом.

Как показал многолетний опыт эксплуатации, выбор в пользу создания интегрированной АСУ ТЭЦ и принятые технические решения оказались правильными. Сегодня интегрированная АСУ ТП решает все поставленные задачи в соответствии с техническими заданиями. В процессе эксплуатации разработаны нормативные документы по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту оборудования АСУ, проведена метрологическая аттестация измерительных каналов АСУ. Опыт ТЭЦ-27 использован при создании отраслевых нормативных документов.

Впервые в Мосэнерго на ТЭЦ-27 традиционный цех ТАИ реорганизован в цех АСУ, основной задачей которого являются эксплуатация и обслуживание программных и технических средств АСУ. Это вызвано фактической сменой приоритетов в сторону автоматизированных систем управления. Изменился сам характер трудовой деятельности, и не только персонала цеха АСУ, но и цехов, эксплуатирующих основное оборудование, так как эксплуатационный персонал тратит меньше времени на текущие задачи и может сосредоточиться на оптимизации технологического процесса.

Многие технические решения, найденные и апробированные при внедрении АСУ на ТЭЦ-27, тиражируются на других объектах Мосэнерго.

Несмотря на то, что созданная АСУ ТЭЦ соответствует всем техническим заданиям и успешно эксплуатируется, мы не останавливаемся на достигнутом. Ставятся новые задачи, появляются новые требования к управлению производственным процессом и экономии ресурсов. Бурное развитие информационных технологий приводит к тому, что они становятся неотъемлемой частью нашей жизнедеятельности как в быту, так и на производстве. Поэтому процесс управления предприятием должен соответствовать требованиям сегодняшнего дня, для чего необходим переход на качественно новый уровень. На решение этой задачи и направлены усилия специалистов ТЭЦ.

Вот только некоторые направления:

ввод оставшегося неохваченным АСУ технологического оборудования (водогрейные котлы станц. № 1 – 4);

продолжение работ по эргономическому обеспечению автоматизированных рабочих мест;

дополнение функциональности используемых подсистем АСУ;

внедрение автоматизированной системы планирования, управления и учета деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования;

осуществление мониторинга финансовых событий по мере их возникновения, анализ и сбор данных с целью обеспечения руководства ТЭЦ информацией для решения задач управления предприятием.

В процессе совершенствования АСУ П, как это было и раньше при создании АСУ ТП, на ТЭЦ-27 создана группа специалистов как в предметной об-

ласти, так и в области информационных технологий, занятых созданием интегрированной системы управления предприятием.

Ими совместно со специалистами других организаций подготовлена нормативно-техническая база для продолжения реорганизации и упорядочения хозяйственной деятельности предприятия, что является основой для успешного внедрения.

Следует отметить, что создание ИАСУ предприятия – это не только технический, но и социальный вопрос, так как существенно меняется характер труда. Поэтому во внедрении и освоении на каждом рабочем месте участвует практически каждый член трудового коллектива, что позволяет максимально учитывать специфику каждого рабочего места и прививает практические навыки работы, т.е. идет переподготовка на рабочем месте. В конечном итоге это позволяет сократить время внедрения ИАСУ в целом.

## **ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЭЦ-27 Мосэнерго**

**Зенова Н. В., инж.**

### **ТЭЦ-27 Мосэнерго**

Успешное функционирование и развитие теплоэнергетики связаны с решением ряда проблем, одной из которых является обеспечение надежной экономичной работы теплоэнергетического оборудования.

В значительной степени проблему решает комплексная автоматизация процесса производства тепла и электроэнергии на базе микропроцессорной техники путем внедрения АСУ. С самого начала строительства на ТЭЦ-27 этому вопросу уделялось приоритетное внимание, в результате чего на ТЭЦ разработана, внедрена и успешно работает интегрированная АСУ электростанции, которая открыла самые широкие возможности для автоматизации на всех стадиях производства. Вместе с этим традиционным для ТЭЦ-27 становится то обстоятельство, что в обеспечении надежности и экономичности работы оборудования химический цех занимает особое место. А дело все в том, что каждому уважающему себя энергетику должно быть понятно, что гарантировать надежную и экономическую работу теплоэнергетического оборудования, общую культуру энергопроизводства можно только, обеспечивая контроль и качество пара, питательной воды и всех ее составляющих потоков.

Основу для оснащения ТЭЦ системой химико-технологического мониторинга составляют подготовленные ВТИ руководящие документы по объему химического контроля и по проектированию автоматизированных систем химконтроля: РД 34.37.303-88 и РД 34.37.104-88. Параллельно с

внедрением АСУ ТЭЦ специалистами электростанции были разработаны технические условия на проектирование системы автоматического контроля и управления водно-химическим режимом энергоблоков и теплосети. В плане этой работы специалисты ТЭЦ-27 изучили подобный опыт электростанций Мосэнерго и других предприятий, в том числе и за рубежом, рассмотрели весь небольшой спектр предложений от производителей приборов автоматического контроля. Было принято решение о создании химико-технологического мониторинга в составе АСУ ТП ТЭЦ в виде отдельной подсистемы. На стадии разработки химико-технологический мониторинг включил в себя следующие этапы:

- создание системы отбора “достоверных” проб;
- комплектование аттестованными приборами автоматического контроля с высоким классом чувствительности и надежности;

- автоматизацию установок коррекционной обработки котловой и питательной воды;

- формирование программно-аппаратных средств подсистемы;

- создание автоматизированных рабочих мест (АРМ) лаборанта оперативного контроля, лаборанта центральной химической лаборатории, начальника смены химического цеха;

- регламентирование контроля, отчетности, анализа и диагностики работы оборудования.

Система отбора проб на ТЭЦ-27 соответствует требованиям РД 34.37.303-88. Пробоотборные ли-

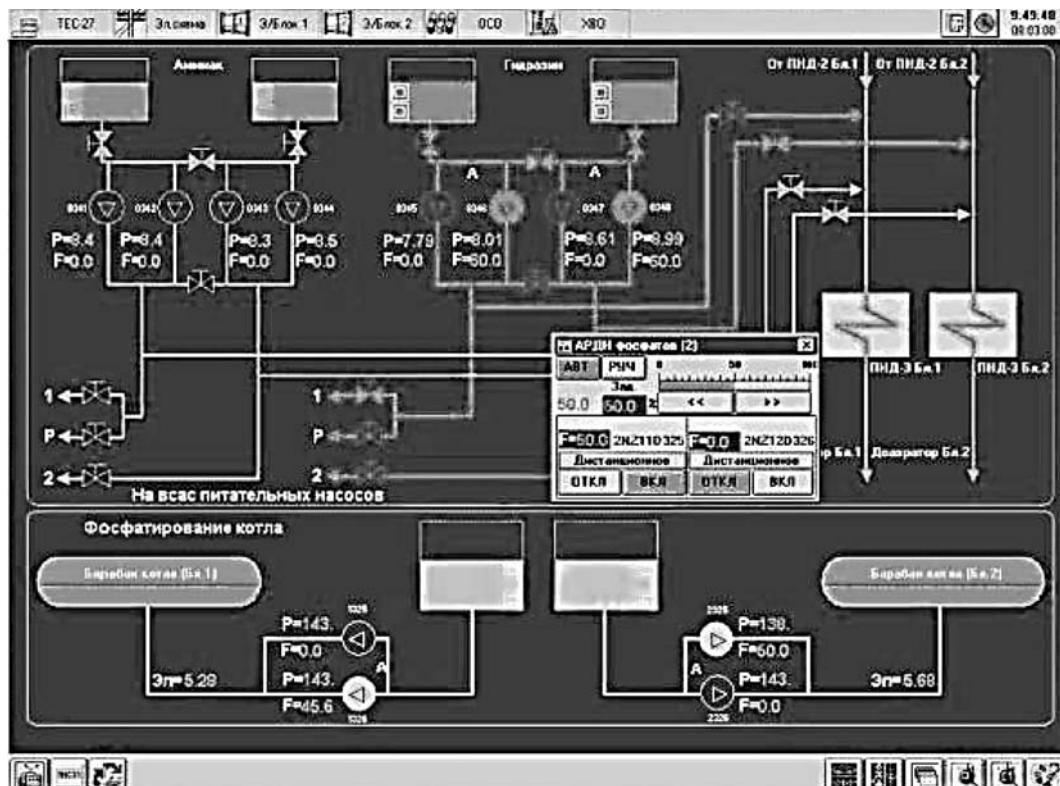


Рис. 1

ния и пробоотборные устройства выполнены из нержавеющей стали и смонтированы в компактном помещении пробоотборного бокса лаборатории оперативного химического контроля в главном корпусе ТЭЦ. Применяемые устройства подготовки проб производства Опытно-механического завода г. Витебска, усовершенствованные специалистами ТЭЦ-27, обеспечивают подготовку, стабилизацию и представительность пробы для автоматического и периодического лабораторного контроля.

После проведения анализа существующего парка приборов автоматического химического контроля руководством ТЭЦ-27 было принято решение установить отечественные приборы производства НПП “ТехноПрибор”, г. Москва. Решающее значение при этом имели следующие факторы:

наличие в номенклатуре всех типов приборов (рН-метры, кондуктометры, анализаторы натрия, кислородомеры);

территориальная близость предприятия;

готовность сопровождать и совершенствовать свои изделия в процессе эксплуатации;

оптимальное соотношение “цена – качество”.

Первая партия автоматических приборов-анализаторов была установлена на энергоблоке станции № 1 в январе 1997 г. и введена в опытно-промышленную эксплуатацию практически одновременно с пуском энергоблока. Для обслуживания, поддержания в рабочем состоянии приборов автоматического контроля, проведения испытаний и работ по усовершенствованию системы контроля на ТЭЦ-27

была организована из высококвалифицированных специалистов группа химконтроля в составе цеха АСУ.

В течение первых 3 мес по замечаниям специалистов ТЭЦ НПП “ТехноПрибор” проведена работа по усовершенствованию приборов:

частично изменена элементная база в блоках-преобразователях;

введена автоматическая коррекция по температуре пробы для рН-метров типа рН-011, что повысило точность измерений рН при отклонении температуры анализируемой среды от 25°C;

для предотвращения выхода из строя кислородометров КМА-08 при попадании горячей пробы в ячейку на входе потока установлен плавкий предохранитель;

кондуктометр типа КАЦ-017ТК модернизирован, рассчитан на высокое давление – до 10 кгс/см<sup>2</sup> (вместо 1 кгс/см<sup>2</sup>). Разработан и испытан на ТЭЦ-27 новый тип кондуктометра КАЦ-037 с разборной ячейкой, более удобной в эксплуатации;

в анализаторах натрия АН-012 предусмотрена возможность проверки электродов на соответствие паспортным данным.

В январе 1999 г. вторая партия приборов после монтажа и выполнения пусконаладочных работ была включена в эксплуатацию на энергоблоке станции № 2 и теплосети.

Для надежного ведения ВХР имеют большое значение правильный выбор контролируемых показателей качества теплоносителя, выбор и расста-

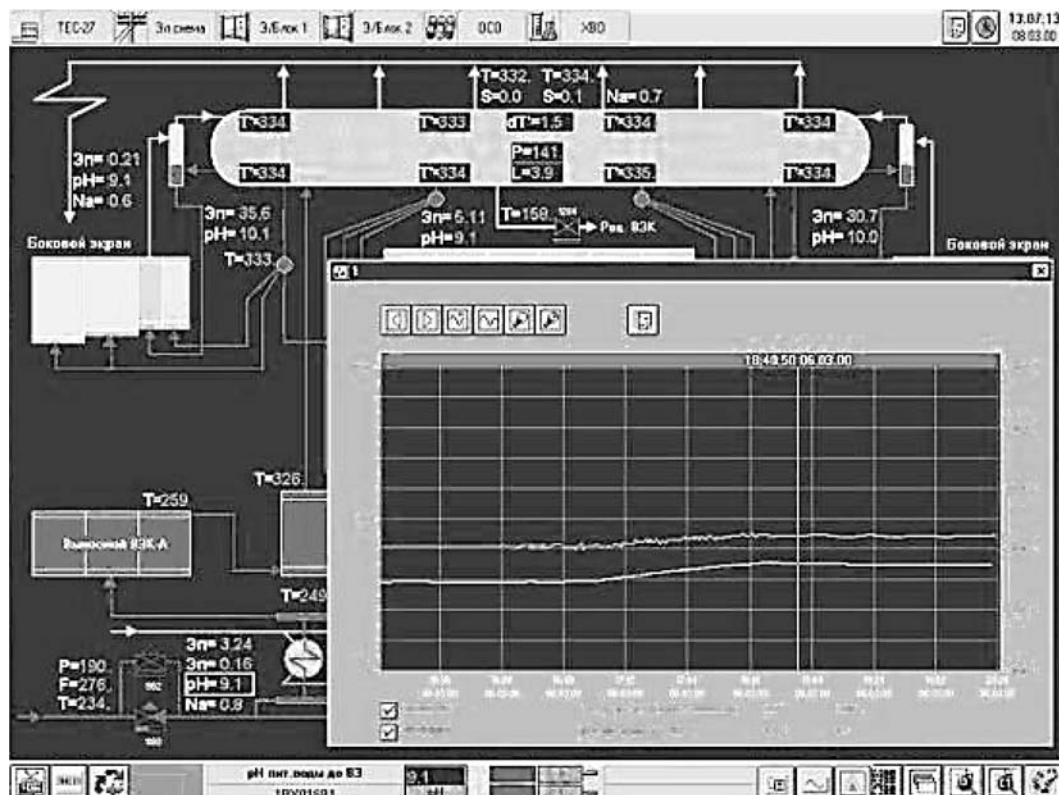


Рис. 2

новка приборов-анализаторов, выбор и расстановка устройств для отбора и приготовления проб для приборов химического контроля, сбор и подача получаемой информации и обработка результатов измерений. На всех контролируемых потоках конденсатно-питательного тракта, котловых вод, паров энергоблоков станц. № 1, 2, системы водяного охлаждения статора, ротора генератора станц. № 1, подпиточной и сетевой воды установлены приборы автоматического контроля в полном объеме в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и местными условиями.

Информация, получаемая с приборов автоматического контроля, используется в системе автоматического регулирования установками коррекционной обработки питательной и котловой воды (рис. 1).

Автоматическое дозирование растворов реагентов на ТЭЦ осуществляется с помощью автоматических регуляторов дозировочных насосов (АРДН), выпускаемых концерном “Российские насосы”, которые позволяют автоматически и непрерывно изменять подачу насоса-дозатора на ходу путем изменения частоты вращения штатного асинхронного электродвигателя насоса.

Автоматическое дозирование аммиака в конденсатно-питательный тракт выполняется по сигналу электрической проводимости питательной воды с коррекцией по pH.

Дозирование гидразина в питательный тракт производится пропорционально расходу питательной воды и концентрации кислорода за деаэратором.

Так как восполнение потерь пара и конденсата в тракте осуществляется химически обессоленной водой после трех ступеней очистки, то удельная электрическая проводимость котловой воды обусловлена в основном содержанием в ней фосфатов. Это позволило использовать сигнал по электрической проводимости котловой воды чистого отсека в автоматической системе регулирования концентрации фосфатов (рис. 2).

Мониторинг водно-химического режима энергоблоков и подпитки теплосети реализован на базе программных и аппаратных средств программно-технического комплекса ПТК “КВИНТ”, используемых для АСУ ТП ТМО (тепломеханического оборудования) энергоблоков станц. № 1 и 2.

Технологические алгоритмы и пользовательское программное обеспечение разработаны специалистами ТЭЦ-27. Программное обеспечение мониторинга установлено на рабочих местах лаборанта экспресс-лаборатории, лаборанта центральной химической лаборатории, начальника смены химцеха, оперативного персонала котлотурбинного цеха, начальника смены станции, а также других пользователей, которым по роду своей деятельности требуется данная информация. Для ввода сигналов в АСУ ТП от приборов автоматического контроля используются технические и программные средства технологических контроллеров энергоблоков. Реализация мониторинга в таком виде не требует установки дополнительных аппаратных средств и стала возможной благодаря использованию интегрированной АСУ ТП ТЭЦ.

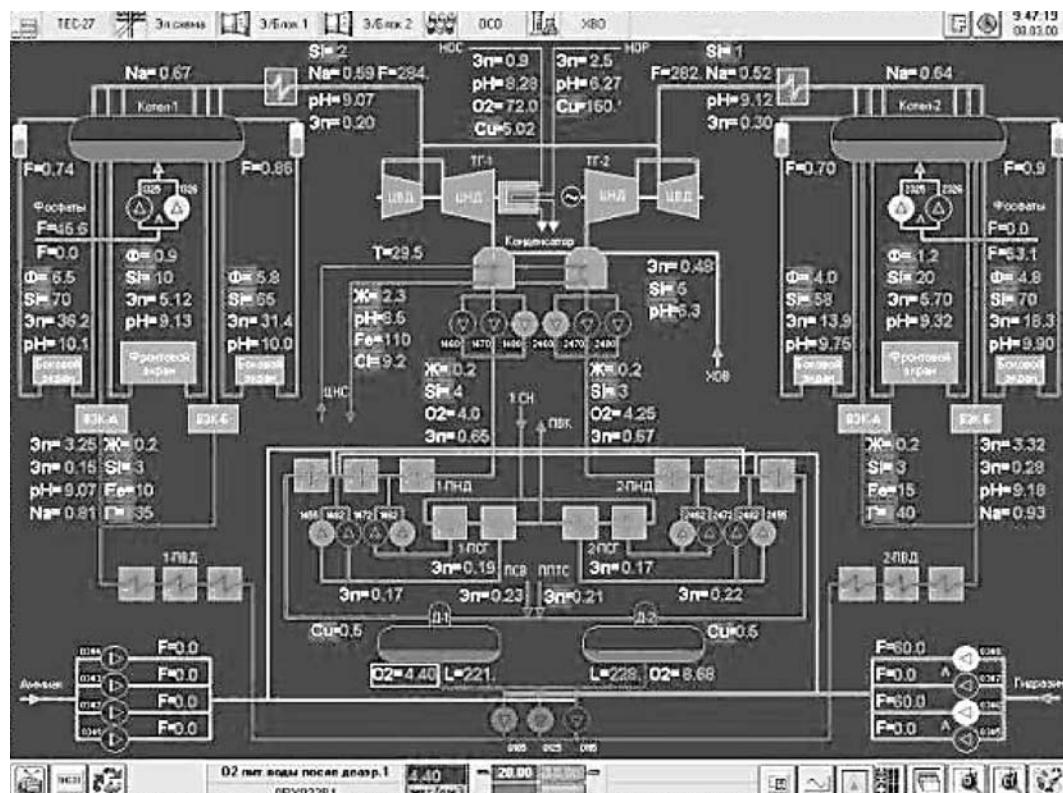


Рис. 3

Программное обеспечение мониторинга позволяет персоналу химцеха, осуществляющему контроль за ведением водного режима энергоблоков и теплосети, просматривать на экране своих операторских станций информацию, относящуюся к любым подсистемам интегрированной АСУ ТП ТЭЦ.

На созданных автоматизированных рабочих местах (АРМ) дежурного лаборанта, лаборанта центральной химической лаборатории, начальника смены химцеха на отдельных, разработанных специалистами ТЭЦ мнемокадрах представлена информация о состоянии водного режима с отображением показателей химконтроля и технологических параметров в виде цифровых значений, барографов, графиков, трендов, текстов (рис. 3).

Возможность вызова графического изображения технологических параметров и данных химконтроля во временном диапазоне для просмотра интересующих значений в любой момент времени позволяет производить оперативный анализ работы оборудования. При отклонении показателей химконтроля от нормируемых значений срабатывает предупредительная или аварийная сигнализация. Для сигнализации используются световые эффекты – цветовое изображение и мигание отдельных параметров: аварийная – красный цвет, предупредительная – желтый.

На автоматизированных рабочих местах дежурного лаборанта, лаборанта центральной химической лаборатории разработаны и внедрены специалистами ТЭЦ-27 программы ввода данных лабораторного анализа, формирования ведомостей

показателей химконтроля, анализа отклонений показателей химического контроля от заданных значений, расчета межпромывочного периода котлов.

Программа ввода данных лабораторного анализа обеспечивает выполнение следующих функций:

ввод результатов лабораторных замеров показателей химконтроля;

просмотр записанных в архив данных;

ведение журнала действий лаборанта;

вычисление расчетных показателей на основе введенных лабораторных данных (рис. 4).

Вся информация о показателях контроля за работой оборудования хранится в архивной станции на магнитных носителях в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. В программе ввода данных лабораторного анализа предусмотрена возможность осуществления контроля за действиями лаборанта, т.е. ведение "журнала событий", в котором записывается следующая информация:

запуск задачи и выход из нее;

изменение настроек приложения;

передача данных в архив с указанием времени отбора проб и ввода результатов анализа в базу данных.

На основании архивных данных лабораторных анализов, показателей непрерывного контроля, технологических параметров формируются ведомости химконтроля энергоблоков станц. № 1, 2, теплосети с учетом времени отбора проб для лабораторного контроля и средних значений всех показателей. По согласованию с АО Мосэнерго и Гос-

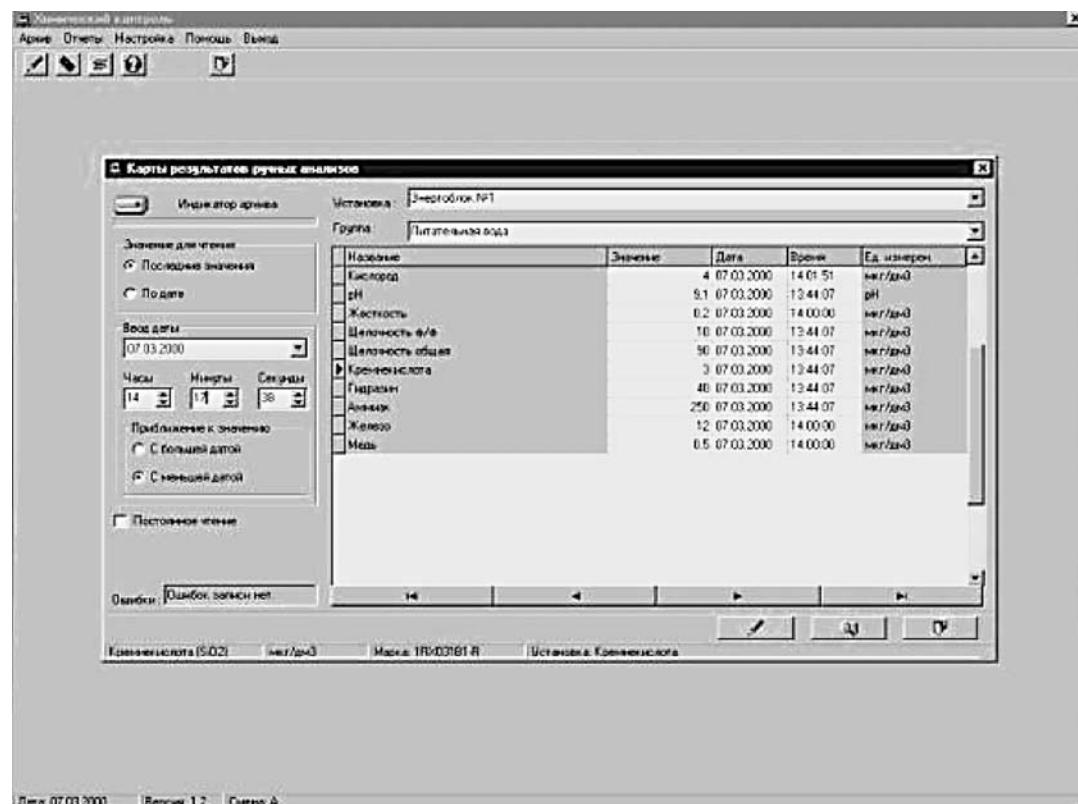


Рис. 4

гортехнадзором распечатка ведомостей не производится, так как все параметры хранятся в базе данных ПТК “КВИНТ”.

Программное средство “Анализ отклонений показателей химического контроля от заданных значений” предназначено для автоматизации процесса контроля и анализа превышений допустимых уровней заданных параметров с использованием базового метода доступа к архивной информации АСУ ТП, реализованного средствами ПТК “КВИНТ” (рис. 5).

На основе архивной информации работы оборудования и предельно допустимых диапазонов измерений параметров определяются отклонения от заданных величин, длительность и максимальные отклонения за заданный диапазон времени.

На базе существующей общестанционной системы автоматического и лабораторного контроля совместно с ВТИ разработана и внедрена программа выбора и обработки химических и теплотехнических показателей работы поверхностей нагрева котлов с целью расчета межпромывочного периода, оценки ресурса поверхностей нагрева и характера возможных коррозионных повреждений.

Расчет межпромывочного периода работы оборудования позволяет производить анализ ведения ВХР энергоблоков по качеству питательной и котловой воды в зависимости от паровой нагрузки. Расчет остаточного ресурса, оценки длительности работы экранных труб до повреждений производится с учетом длительности отклонений от различных показателей качества котловой воды и от

количества часовых отклонений при различном тепловом режиме работы экранных труб.

Химико-технологический мониторинг водного режима энергоблоков и теплосети, входящий в состав интегрированной АСУ ТП ТЭЦ, позволяет:

осуществлять непрерывный автоматический контроль и анализ работы оборудования;

своевременно выявлять и устранять нарушения, возникающие в процессе эксплуатации водоподготовительного, теплоэнергетического и теплосетевого оборудования;

сократить объем периодического лабораторного контроля. Объем лабораторного контроля при наличии автоматических анализаторов и правильно наложенной их работе сокращается и сводится по автоматически измеряемым показателям лишь к периодической проверке правильности показаний приборов. Электрическая проводимость наиболее полно характеризует качество пара, питательной воды и ее составляющих. Сопоставление удельной электрической проводимости с другими показателями контроля (рН, содержание натрия и др.) не только расширяет объем информации о состоянии контролируемого потока, но и позволяет получить более детальные сведения о составе пробы. Так, поддержание установленных значений электрической проводимости “прямой” пробы и рН питательной воды освобождает оперативный персонал от необходимости лабораторного определения концентрации аммиака, оперативный лабораторный контроль жесткости сокращается, так как попадание солей жесткости при трехступенча-

**Анализ отклонений параметров химконтроля энергоблока 2**

за период времени : 05.03.2000 8:00 - 06.03.2000 8:00

Номер	Наименование параметра	Ед. изм.	Придел норм.	Придел пред.	Начало откл.		Конец откл.		Длительн. откл.	Макс. откл.
					дата	время	дата	время		
2Р001901	рН в перегрев. пара, пот.	на/п/м3	0,5	5	05.03.2000	19:32:22	05.03.2000	19:37:2	0:05:00	0,43
2Р001901	рН в перегрев. пара, пот.	на/п/м3	0,5	5	05.03.2000	22:42:23	05.03.2000	22:47:2	0:05:00	0,43
2Р001901	рН в перегрев. пара, пот.	на/п/м3	0,5	5	05.03.2000	23:12:25	05.03.2000	23:17:2	0:05:00	0,43
2Р001901	рН в перегрев. пара, пот.	на/п/м3	0,5	5	05.03.2000	2:57:23	06.03.2000	3:02:23	0:05:00	0,43
2Р001901	рН в перегрев. пара, пот.	на/п/м3	0,5	5	05.03.2000	4:27:24	06.03.2000	4:32:24	0:05:00	0,43
2Р0021	Эп. подж. в из циклонов.	на/с/т/н	20	45	05.03.2000	8:02:18	06.03.2000	7:57:25	23:55:07	13
2Р0022	Эп. пред. в из циклонов.	на/с/т/н	20	45	05.03.2000	8:02:18	06.03.2000	7:57:25	23:55:07	15
2Р0027	Эп. конд. фреон. п/з ПСГ2	на/с/т/н	0,2	1	05.03.2000	8:02:18	06.03.2000	7:57:25	23:55:07	0

Общее число отклонений: 8

05.03.2000 16:42:28

Page 1 of 1

Рис. 5

том обессоливания возможно только при неплотностях в конденсаторах турбины, что предупреждается непрерывным контролем электрической проводимости конденсата, электрическая проводимость котловой воды указывает на количество фосфатов в воде;

сократить количество обслуживающего персонала. Автоматизированная система химического контроля на ТЭЦ-27 позволяет осуществлять химический контроль за работой энергоблоков и теплосети одним лаборантом.

Система химико-технологического мониторинга ТЭЦ-27 прошла в 2000 г. экспертную оценку ВТИ и рекомендована Департаментом научно-технической политики и развития РАО “ЕЭС России” для применения на других энергопредприятиях.

Опыт эксплуатации АСУ ТП ВХР в составе интегрированной АСУ ТЭЦ в течение 6 лет подтверждает, что внедрение системы химико-технологического мониторинга является одним из основных и перспективных путей обеспечения надежной и безаварийной работы оборудования.

## Модернизация АСУ ТП ХВО на ТЭЦ-27

Тарасов Д. В., Мансуров А. А., Бедрин Б. К., инженеры  
ТЭЦ-27 Мосэнерго – НПК “Дельфин-Информатика”

Надежность работы энергетического оборудования ТЭЦ непосредственно связана с качеством подпиточной воды. Современные водоподготовительные установки должны отвечать требованиям экономичности, безопасности, простоты и надежности управления технологическим процессом обработки воды, что возможно только при внедрении автоматизированной системы управления.

Проектирование и строительство химводоочистки (ХВО) ТЭЦ-27 проводились в период 1990 – 1993 гг., при этом учитывался опыт эксплуатации водоподготовительных установок на других электростанциях. Основным вопросом ставилась мак-

симально возможная в то время автоматизация технологического процесса водоподготовки и ее последующая модернизация по мере совершенствования программно-технических средств. Кроме того, руководители ТЭЦ-27 понимали, что для привлечения на ТЭЦ молодых специалистов на первое место будет выходить вопрос об условиях работы персонала, а также интерес его ко всему новому, прогрессивному. В связи с этим проект ХВО ТЭЦ-27 неоднократно корректировался.

Первоначально проект химводоочистки предполагал обычную для того времени систему контроля и управления, основанную на традиционных

ключах, реле и громоздких щитах управления. Предполагалась пневмо- или гидроприводная запорная арматура обвязки фильтров. В таком виде проект ХВО не отвечал духу времени и дальнейшему развитию автоматизации ХВО. По предложению специалистов ТЭЦ-27 проект был пересмотрен как в части использования АСУ, так и в выборе привода запорной арматуры. Было принято решение о применении электроприводной запорной арматуры как наиболее надежной в эксплуатации и в наибольшей степени адаптированной в АСУ. Этот выбор полностью себя оправдал.

В начале 90-х годов отечественных полнофункциональных АСУ ТП еще не существовало, но уже были попытки их создания и определялись основные направления разработки.

Было принято решение реализовать АСУ ТП ХВО ТЭЦ-27 на базе программируемых контроллеров типа ТКМ-51, разработанных и выпускаемых НПО "Техноконт". Это позволило создать распределенную техническую структуру, что с учетом размещения технологического оборудования химического цеха на большой площади обеспечило существенное сокращение кабельных трасс, упрощение монтажа, эксплуатации и ряд других преимуществ.

В результате стоимость пускового комплекса ХВО с АСУ ТП не превышала стоимости ХВО с традиционной системой управления за счет сокращения кабельных трасс.

Каждый контроллер ТКМ-51 имеет сравнительно малую информационную мощность (примерно 120 входов/выходов) и предназначен для обслуживания относительно небольшого технологического узла, например, одного осветлителя, двух механических трехкамерных фильтров и др. Размещен он непосредственно у оборудования в электрической сборке, осуществляющей управление выделенным технологическим подобъектом. Контроллеры ТКМ-51 являются по своему исполнению полевыми и достаточно надежно работают в сложных условиях эксплуатации.

На этапе создания в 1993 г. АСУ ТП ХВО объединяла на нижнем уровне по сети (BitBus) 108 контроллеров ТКМ-51.

Вся система обеспечивала автоматизацию технологического процесса следующего технологического оборудования: осветлителей; механических трехкамерных фильтров; Na-катионитовых фильтров; H-катионитовых фильтров; анионитовых фильтров; фильтров установки очистки замасленных вод; баков и мешалок; насосов.

Поскольку применяемые в то время программно-технические средства не позволяли объединить управление всем оборудованием химического цеха в единую систему управления с сохранением необходимых технических характеристик, процесс химводоподготовки был разбит на три относительно автономных узла, для каждого из которых была разработана локальная подсистема:

обессоливающая установка;  
установка подпитки теплосети;  
склад хранения и подготовки реагентов.

Таким образом, АСУ ТП ХВО состояла из трех технических и программно-автономных подсистем контроля и управления.

Техническая и программная автономность перечисленных подсистем заключалась в том, что каждая из них была выполнена на базе отдельной группы контроллеров, объединенных между собой собственной сетью BitBus и реализующих функциональные программы только данной подсистемы.

Организационная автономность заключалась в том, что для каждой подсистемы имелось свое автономное автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора-технолога, выполненное на базе программного обеспечения АРМ VNS.

Опыт эксплуатации АСУ ТП ХВО с 1993 по 1998 г. показал, что она является работоспособной, достаточно надежной и обеспечивает контроль и управление процессом. Вместе с тем, в процессе эксплуатации выявились и ее определенные недостатки, главными из которых явились:

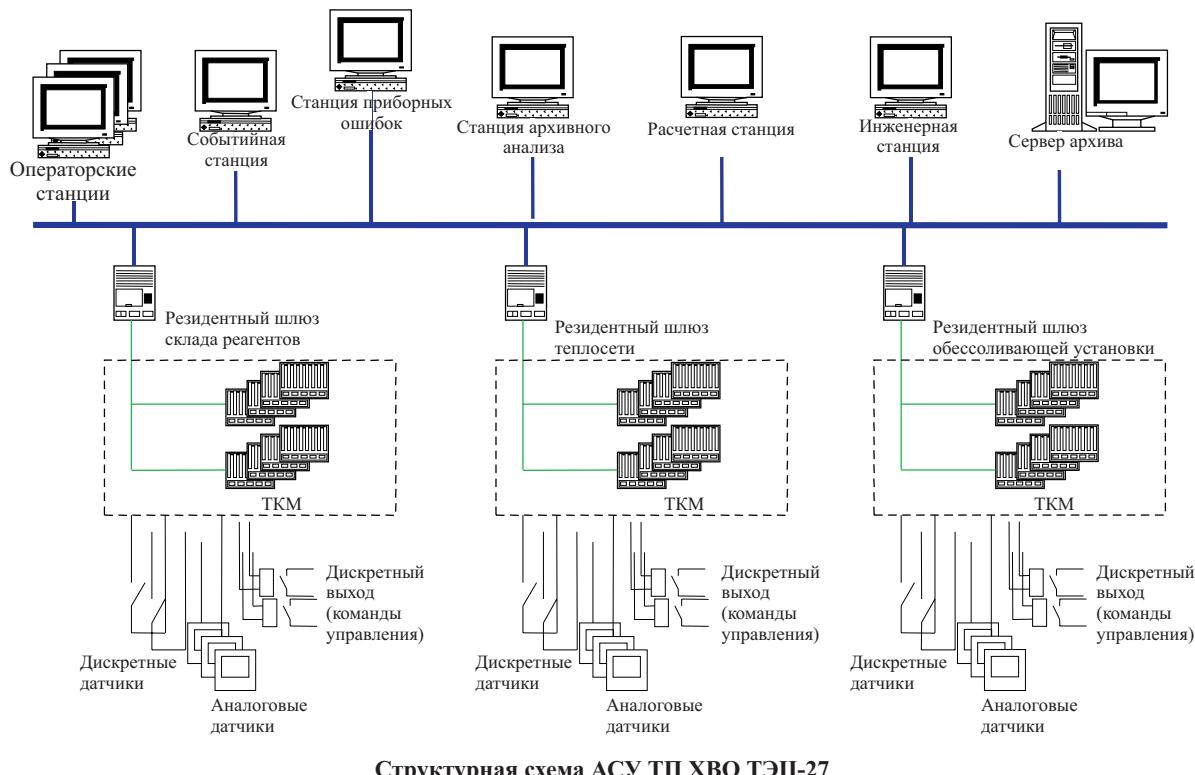
аппаратное и организационное разделение системы на три автономные подсистемы оказалось неудобным, так как в схеме ХВО часть оборудования используется как при управлении установкой подпитки теплосети, так и установкой обессоливания. Поэтому оператору-технологу для ведения технологического процесса требовалось выполнять операции контроля и управления с разных АРМ, т.е. переходить с одного рабочего места на другое;

существующие АРМ операторов-технологов, реализованные на базе программного обеспечения АРМ VNS, не обеспечивали требуемых скоростей вызова и обновления информации, а также реакции системы на управляющие воздействия;

принятая система мнемокадров оказалась недостаточно удобной, в некоторых ситуациях оператору приходилось часто переходить с одного мнемокадра на другой;

система имела низкую степень автоматизации: в ней не могли быть реализованы такие важные функции, как программно-логическое управление процессами регенерации фильтров, работой баков и мешалок и другим оборудованием, регистрация событий, ведение архивов, ведение и печать оперативной и отчетной документации, ввод результатов анализов, выполнение требуемых расчетов, представление информации начальнику смены и др.

Но самым главным было то, что в этот период времени на ТЭЦ-27, основываясь на опыте эксплуатации локальных АСУ, была принята новая концепция о создании единой интегрированной АСУ ТП ТЭЦ, которая бы объединила в своем составе управление и контроль всего технологического оборудования станции. Существующая АСУ ТП ХВО в том виде реализации не могла удовлетворить требованиям этой интеграции.



Структурная схема АСУ ТП ХВО ТЭЦ-27

В 1998 г. начались работы по модернизации АСУ ТП ХВО и интеграции ее в АСУ ТП ТЭЦ.

Базой для создания интегрированной АСУ ТП ТЭЦ-27 стал программно-технический комплекс “КВИНТ” разработки НИИТеплоприбор. Параллельно с вводом энергоблока № 2 на базе ПТК “КВИНТ” в 1998 г. была проведена модернизация и интеграция АСУ ТП ХВО и других объектов, выполненных ранее на технических средствах ТКМ и VNS (аналогично АСУ ТП ХВО), в единую АСУ ТЭЦ. Все работы по модернизации и интеграции АСУ ТП проводились силами специалистов ТЭЦ-27 с участием НПК “Дельфин-Информатика” в части разработки резидентных шлюзов.

Были выполнены следующие работы:

1. Рабочая станция АРМ VNS была заменена операторской станцией ПТК “КВИНТ” как более совершенной и современной. Это обеспечило унификацию пользовательских интерфейсов операторов-технологов, форм ведения документации и архивов и другого в рамках всей интегрированной АСУ ТЭЦ.

2. Для обеспечения связи контроллеров ТКМ-51 с верхним уровнем АСУ ТП ХВО фирмой “Дельфин-Информатика”, по техническому заданию и при участии специалистов ТЭЦ-27, были разработаны, так называемые, резидентные шлюзы. Это позволило:

объединить существующие автономные подсистемы контроля и управления технологическими установками в единую АСУ ТП ХВО с возможностью управления оборудованием различных подсистем с одной операторской станции;

повысить быстродействие системы по сравнению с АРМ VNS, так как структура ПТК “КВИНТ” предусматривает применение двух системных сетей – контроллерную на базе BitBus (медленной) и верхнего уровня на базе Ethernet (быстрой), в отличие от АРМ VNS, который включался только в контроллерную сеть BitBus.

3. Выполнена интеграция локальных подсистем АСУ ТП ХВО в единую АСУ ТП ТЭЦ, что обеспечило обмен информацией с интегрированной АСУ ТП станции.

4. Разработана и реализована новая система мнемокадров, в которой устранены недостатки прежней системы.

На рисунке показана структурная схема АСУ ТП ХВО со следующими техническими характеристиками:

общее число аналоговых входных сигналов 1360;

общее число дискретных входов 5016;

общее число дискретных выходов 3672;

максимальное удаление управляемого оборудования от щита управления 1,2 км.

АСУ ТП ХВО выполняет следующие функции:

контроль и представление оперативному персоналу информации о ходе технологического процесса и состоянии оборудования (значения технологических параметров, положения запорной арматуры и др.);

сигнализация отклонений параметров от заданных граничных значений и возникновения нештатных ситуаций;

автоматическое регулирование технологических параметров;

автоматическая блокировка аварийных ситуаций;

автоматическое включение резервных насосов (АВР);

дистанционное управление процессом с автоматизированного рабочего места оператора;

архивирование необходимой информации;

защита от несанкционированного доступа к информации и управлению технологическим оборудованием;

программно-логическое управление технологическими операциями;

автоматическое управление работой осветителей;

получение и представление оперативному персоналу расчетной информации о работе химцехов (технический учет потребления на различные технологические операции и потерь химобессоленной, технической, городской и другой воды, реагентов);

формирование и вывод на печать за любой произвольно выбранный промежуток времени ведомостей работы технологического оборудования и расчетных технологических показателей химцехов.

В результате проделанной работы по интегрированию АСУ ТП ХВО в общестанционную интегрированную АСУ ТЭЦ (ИАСУ ТЭЦ) был реализован новый принцип контроля и управления, основанный на агрегировании всего технологического оборудования химцеха и предусматривающий переход “от простого объекта (например, задвижка) к сложному (например, осветитель), состоящему из простых”. До этого АСУ ТП ХВО основывалась только на контроле и управлении простыми локальными объектами.

В состав верхнего уровня АСУ ТП ХВО входят следующие АРМ:

оператора-технолога (аппаратчика) – оперативный контур;

начальника смены химцеха – неоперативный контур;

станция анализа – неоперативный контур;

инженерная станция специалиста цеха АСУ.

**АРМ оператора-технолога** (аппаратчика ХВО) располагается в помещении щита управления ХВО и содержит три взаимно резервируемые *операторские станции*, идентичные по аппаратному, информационному и программному обеспечению, и *событийную станцию*.

Оператор с любой из трех *операторских станций* осуществляет наблюдение за ходом технологических процессов ХВО, задает режимы управления и работы оборудования химцеха, производит дистанционное управление исполнительными механизмами.

Для организации работы оператора-технолога сформирована система мнемокадров, построенная

по общим принципам интегрированной АСУ ТЭЦ-27.

Для отображения реального состояния ручной арматуры, установленной на трубопроводах, используется мнемосимвол “ручная задвижка”, переводимый с операторской станции в положение “открыто” или “закрыто”.

Для поддержания параметров технологических процессов в заданном диапазоне в ХВО используется автоматическое регулирование (П, ПИ – законы регулирования). Для удобства работы операторов применяется статическая балансировка регуляторов. Оператор переводит в автоматический режим нажатием кнопки “АВТ” регулирующий клапан и регулятор поддерживает значение параметра, которое было в данный момент. Для изменения задания регулятору оператор пользуется программным задатчиком, задавая значение параметра в цифровом виде. Для ряда регуляторов установлено фиксированное значение параметра, которое можно изменить только с рабочего места сменного инженера цеха АСУ.

При возникновении нештатной ситуации имеется возможность обратиться к подсказкам, где рассмотрены причины ее возникновения по совокупности показаний приборов, автоматических и лабораторных методов контроля, а также действия оператора по ликвидации последствий аварийной ситуации.

*Событийная станция* предназначается для представления оператору-технологу информации о текущих событиях как штатных, так и нештатных (включение/выключение механизмов, изменение режимов работы, технологических ошибках и др.). Она помогает следить за последовательностью выполняемых операций при управлении работой установок, позволяет своевременно увидеть ошибки в работе оборудования.

**АРМ начальника смены химцеха** (АРМ НС ХЦ) располагается в помещении щита управления ХВО и предназначено для представления начальнику смены информации о протекании технологического процесса химцеха (такой же, как на АРМ оператора-технолога), информации, вводимой в АСУ ТП лаборантами химических экспресс-лабораторий энергоблоков, а также необходимой архивной информации.

Специальная система безопасности обеспечивает возможность работы на этом АРМ без функций управления.

Благодаря единой информационной сети ИАСУ ТЭЦ-27 на АРМ НС ХЦ можно следить за ведением водно-химического режима на энергоблоках № 1, № 2 и теплосети.

На основе архивной информации работы энергоблоков № 1, № 2 и теплосети, архивной информации АСУ ХВО и предельно допустимых диапазонов измерений параметров определяются отклонения от нормы, длительность и максимальное значение отклонения за заданный диапазон времени.

**Станция анализа** также располагается в помещении щита управления ХВО, рядом с АРМ начальника смены, и предназначается для выполнения следующих функций:

обеспечения ввода ручных замеров химконтроля ХВО с записью в архив АСУ ТП ХВО;

отображения ручных замеров на операторских станциях;

получения и представления оперативному персоналу расчетной информации о работе цеха;

вывода на печать ведомостей работы технологического оборудования и ведомостей технологических показателей химцеха.

Для ввода данных АРМ снабжается алфавитно-цифровой клавиатурой, а для печати ведомостей – принтером.

**Инженерная станция** используется как инструмент специалиста цеха АСУ для подготовки прикладного программного обеспечения и его загрузки в технические средства АСУ ТП, выполнения наладочных работ, проведения испытаний и др. Инженерная станция устанавливается в помещении АСУ, находящемся в химцехе. К инженерной станции системой разграничения доступа разрешен доступ только оперативному и ремонтному персоналу цеха АСУ, сопровождающему программное обеспечение АСУ ТП ХВО.

В результате проведенной модернизации были достигнуты следующие цели:

1. Технические характеристики модернизированной АСУ ТП ХВО полностью соответствуют современным требованиям.

2. Модернизация проведена с минимумом затрат, так как она была выполнена без замены технических средств и программного обеспечения контроллеров.

3. После модернизации получены новые потребительские качества:

информация представляется в ИАСУ ТЭЦ и доступна начальнику смены станции и руководителям станции и подразделений в едином пользовательском интерфейсе;

интеграция АСУ ТП ХВО с ИАСУ ТЭЦ делает доступной для персонала химцеха показания датчиков, находящихся в других цехах, и информацию, введенную в экспресс-лаборатории, что позволяет начальнику смены химцеха осуществлять мониторинг водно-химического режима и процессов химводоподготовки;

технический учет потребления воды и решение других расчетно-диагностических задач, реализация которых невозможна в рамках локальных систем;

обеспечение единых средств архивирования и возможности ретроспективного анализа информации в едином времени для всех событий и сигналов;

способность системы к наращиванию дополнительных управляемых узлов, что выполнено при вводе в АСУ установки очистки ливневых вод и узла разбавления засоленных стоков;

реализация программно-логического управления (ПЛУ) путем создания отдельной станции ПЛУ позволила обойти ограничения контроллерных программ, “разгрузить” контроллеры и существенно упростить эксплуатацию технических средств АСУ (нет необходимости перезагрузки контроллера при изменении логических программ); станция ПЛУ реализована на отдельной ПЭВМ, подключенной к сети АСУ ТП, аналогично операторским станциям.

Основными направлениями развития АСУ ТП ХВО сегодня являются:

дальнейшая модернизация программно-логического управления, предусматривающая создание иерархической структуры управления объектами;

совершенствование и развитие расчетных задач технико-экономических показателей;

создание информационной системы технического обслуживания и ремонта оборудования ХВО в составе ИАСУ ТЭЦ.

Внедрение АСУ ТП ХВО в составе ИАСУ ТЭЦ-27 позволило:

разгрузить работу оперативного персонала, повысить его производительность;

повысить оперативность работы сменного персонала по сравнению со схемой без АСУ, где многие исполнительные механизмы традиционно управлялись только с местных щитов, а также приходилось совершать дополнительные обходы для сбора показаний приборов на местных щитах управления;

улучшить условия труда в части сокращения времени нахождения оперативного персонала во вредных и опасных зонах цеха;

свести к минимуму число ошибочных действий при управлении технологическим оборудованием цеха;

эффективнее и экономичнее эксплуатировать оборудование цеха, что достигается при использовании ПЛУ;

повысить надежность и безаварийность работы оборудования;

снизить эксплуатационные затраты благодаря обеспечению правильной технической эксплуатации оборудования;

обеспечить автоматический учет баланса воды в масштабе химцеха и всей станции, учет расхода реагентов;

реализовать автоматическую подготовку сменных ведомостей, ведомостей регенерации фильтров и другой эксплуатационной документации, что серьезно сократило время на их составление, исключило “человеческий фактор” при их заполнении.

# Опыт эксплуатации элегазового оборудования 220 кВ на ТЭЦ-27 Мосэнерго

Макаров О. Н., Вавилов Д. Ю., инженеры

## ТЭЦ-27 Мосэнерго

В 1988 г. указанием № ПЕ-330-14 Министерства энергетики и электрификации СССР было оформлено решение о применении распределительного устройства 220 кВ с элегазовой изоляцией (КРУЭ 220 кВ) на Северной ТЭЦ Мосэнерго. До этого времени в Мосэнерго подобные распределительные устройства не размещались на электростанциях.

В конце 80-х годов в связи с массовыми протестами жителей г. Мытищи и северных районов Москвы против строительства Северной ТЭЦ были проведены дополнительные экспертизы проекта, в том числе Госкомприроды СССР, Госкомархстроем РСФСР, и Международная экспертиза А/О МВО Интернейшнл ЛТД Финляндии.

В результате проведенных экспертиз были даны предложения и замечания к проекту, улучшающие экологические показатели ТЭЦ.

Применение элегазового распределительного устройства на Северной ТЭЦ обусловлено такими преимуществами КРУЭ, как уменьшение площади застройки, отсутствие электрических и магнитных полей, низкий уровень шума, отсутствие радиопомех, а также полная взрыво- и пожаробезопасность.

Кроме того, стремление Мосэнерго построить качественно новую электростанцию подразумевало и внедрение современного, компактного, безопасного и удобного в эксплуатации электрооборудования.

Положительный опыт эксплуатации элегазовых распределительных сетевых предприятий Мосэнерго уже имелся и решение применить отечественное КРУЭ на ТЭЦ должно стать очередным шагом в развитии этого направления в энергетике.

На ТЭЦ-27 КРУЭ 220 кВ предназначено для связи генерирующих мощностей с энергосистемой и осуществления транзитных связей энергосистемы Мосэнерго в нормальном и аварийных режимах сети.

Оборудование КРУЭ 220 кВ является разработкой АО "НИИ ВА" и изготовлено на предприятии АО Энергомех завод (г. Санкт-Петербург). В качестве приводов к выключателям с автокомпрессионным дутьем ВГГ-220-50/2000-УХЛ4 были впервые применены гидроприводы ПГВЭ производства АО Электрохимприбор.

Электрическая схема КРУЭ 220 кВ представляет собой двойную секционированную систему шин с обходной и состоит из 15 ячеек ЯЭГ-220. Связь с системой осуществляется по четырем ВЛ 220 кВ. К шинам также подключены: два транс-

форматора связи 220/10 кВ, трансформатор водогрейной котельной и резервный трансформатор с.н.

Все оборудование КРУЭ 220 кВ размещается в здании размером 18 × 78 м, высотой 17,6 м, при этом камеры концевых муфт и автоматической подпитывающей установки КЛ высокого давления, а также релейный щит, щит собственных нужд, аккумуляторная батарея, грузовой тамбур и производственные помещения располагаются в пристройках к зданию.

Аппаратный зал находится на отметке 3,6 м, вдоль ячеек предусмотрен коридор шириной около 4 м, с противоположной стороны размещаются аппаратные шкафы и шкафы контроля давления (см. рисунок).

Помещения оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, отоплением, кабельный этаж оснащен автоматической установкой пожарной сигнализации и водяного пожаротушения.

В 1996 г. с пуском энергоблока № 1 была введена в эксплуатацию первая очередь КРУЭ 220 кВ – первая секция без шиносоединительного и обходного выключателей. Эти ячейки, а также два секционных выключателя были введены в работу вторым этапом в 1997 г. С пуском энергоблока № 2 в 1998 г. вошла в строй и вторая секция КРУЭ 220 кВ.

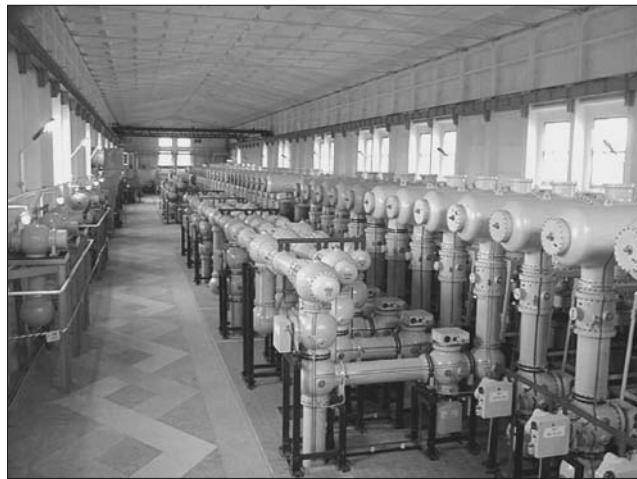
В КРУЭ 220 кВ электротехнический газ (элегаз) – шестифтористая сера ( $SF_6$ ) применяется в качестве изоляционной, дугогасительной и теплоотводящей среды.

Ячейка КРУЭ 220 кВ состоит из трех одинаковых полюсов и шкафов: аппаратного (ША) и контроля давления (ШКД).

Полюс в зависимости от типоисполнения ячейки состоит из модулей: выключателя, разъединителей, заземлителей, соединительных секций (угловых, отводных, линейных), компенсаторов сильфонных, трансформаторов напряжения.

Все внутренние механизмы и токоведущие части элементов (модулей) ячеек заключены в газонепроницаемые алюминиевые корпуса, полости которых заполнены элегазом, а сами корпуса заземлены.

Для проведения газотехнологических работ КРУЭ 220 кВ комплектуется специальными установками: баллонной установкой с системой подпитки, вакуумной установкой с индикаторным модулем, сервисной универсальной установкой, течесискателем для определения и измерения утечек



элегаза, а также испытательным высоковольтным вводом “элегаз – воздух”.

Эксплуатация и техническое обслуживание КРУЭ 220 кВ на ТЭЦ-27 производятся персоналом электроцеха.

В установленный объем текущей эксплуатации, осуществляемой оперативным персоналом, входят ежесменные обходы и осмотры основного и вспомогательного оборудования с контролем таких параметров, как давление элегаза в объемах, давление и уровень масла в приводах выключателей, моторесурс маслонасосов приводов, температура воздуха в аппаратном зале и т.д.

Оперативный персонал постоянно контролирует работоспособность систем отопления и вентиляции, состояние автоматической подпитывающей установки КЛ 220 кВ, контроллеров АСУ ТП “Ремиконт”, защитных терминалов REL-511 и аварийных регистраторов БАРС, а также при необходимости выполняет подпитку элегазом отдельных объемов ячеек КРУЭ 220 кВ.

При производстве переключений в КРУЭ 220 кВ управление выключателями оперативный персонал осуществляет дистанционно как с местного щита управления на РЩ КРУЭ, так и с ЦЩУ. Ключи выбора места управления находятся на ЦЩУ. Кроме того, после внедрения на ТЭЦ-27 АСУ электротехнического оборудования управление выключателями второй секции КРУЭ 220 кВ может производиться с операторской станции начальника смены электроцеха (НСЭ).

Управление разъединителями и заземлителями осуществляется с лицевой панели аппаратных шкафов соответствующей ячейки с обязательным визуальным контролем их положения через специальные смотровые стекла. Разъединители и заземлители второй секции КРУЭ 220 кВ управляются с операторской станции НСЭ.

Особенностью оборудования КРУЭ 220 кВ является то, что конструкция КРУЭ не позволяет проверить отсутствие напряжения на любом элементе, как в традиционных РУ. Отсутствие напря-

жения оперативный персонал обязан проверять путем выверки схемы в натуре.

Устройства контроля напряжения (УКНЭ) установлены только на заземляющих ножах в сторону отходящих линий. Их использование обязательно при проверке отсутствия напряжения на ВЛ 220 кВ.

Сопротивление изоляции фаз измеряется путем использования одного из заземлителей с отключением шины заземления.

Еще одной особенностью конструкции КРУЭ является невозможность установки переносных заземлений. При выводе в ремонт дефектного элемента необходимо учитывать, что демонтаж элемента при разборке конструкции может производиться только в местах установки сильфонных компенсаторов. При этом подготавливаемое рабочее место должно быть заземлено до мест разрыва главной цепи со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. После проведения переключений и принятия мер, предотвращающих ошибочное или самопроизвольное включение коммутационных аппаратов, на выводимых в ремонт элементах оперативный персонал разбирает газовую схему этих элементов. Согласно газотехнологической схеме с контролем по месту (по показаниям сигнализаторов давления ШКД) отделяются выводимые элементы от остальной схемы.

Для проведения технического обслуживания основного и вспомогательного оборудования КРУЭ 220 кВ в электроцехе ТЭЦ-27 организован ремонтный участок. Его задачей является обеспечение надежной эксплуатации всего комплекса КРУЭ 220 кВ с проведением контрольно-профилактических работ в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации и другой НТД.

Ремонтный персонал осуществляет постоянный контроль состояния здания и производственных помещений, обслуживает системы отопления, вентиляции, освещения, автоматической установки водяного пожаротушения и пожарной сигнализации, при необходимости выполняет демонтаж, монтаж и ремонт отдельных узлов, проводит газотехнологические работы и обслуживает технологические установки, устраняет дефекты в процессе эксплуатации.

Ежегодный текущий ремонт (сервисное обслуживание) с выводом из работы основного оборудования производится специализированной организацией СКТБ ВКТ – филиалом Мосэнерго в установленном объеме по соглашению с ТЭЦ-27. По отдельному соглашению персонал СКТБ ВКТ выполняет аварийный ремонт и проводит наладку и высоковольтные испытания оборудования КРУЭ.

Часть работ из объема текущего ремонта выполняется собственными силами ТЭЦ-27, в том числе профилактический контроль и обслуживание устройств РЗА, которые производятся персоналом ЭТЛ.

На этапе освоения нового оборудования КРУЭ 220 кВ в Мосэнерго столкнулись со многими заводскими дефектами: некачественная сварка швов алюминиевых корпусов первой партии поставляемого оборудования, некачественная сборка электрических аппаратов, недоработанная конструкция гидроприводов выключателей, неудачное применение реле контроля давления типа РПУ2-М9.

После предъявления претензий ТЭЦ-27 заводу-изготовителю по браку сварных швов на АО Энергомехзавод была проведена работа по изменению системы контроля качества, закуплено новое оборудование и сменены поставщики. В результате этого утечки элегаза практически были сведены к нулю, о чем сейчас свидетельствует очень редкая в течение года подпитка объемов. При наличии во всем КРУЭ почти 12 000 кг элегаза ежегодная подпитка не превышает 100 кг, что составляет 0,8% при норме 1%.

Из-за падения экранирующего кольца дугогасительной камеры выключателя линии 220 кВ ТЭЦ-27 – Уча вследствие некачественной сборки в мае 2000 г. произошло КЗ внутри полюса выключателя. Это послужило основанием отправки всех выключателей на Энергомехзавод, где в течение ремонтной кампании под контролем персонала ТЭЦ-27 была проведена полная их переборка и устранены выявленные дефекты.

Явные конструктивные дефекты гидроприводов типа ПГВЭ не позволяли эксплуатировать оборудование КРУЭ с должной надежностью из-за постоянных отказов пусковых клапанов, золотников, маслонасосов, датчиков уровня масла и утечек масла через уплотнения.

В результате доработки комбинатом Электрохимприбор конструкции гидроприводов к выключателям общее число отказов удалось снизить с 26 в 1998 г. до 3 в 2001 г. В 2002 г. за первое полугодие отказов гидроприводов не было.

Значительным этапом развития ТЭЦ-27 с использованием новейших технологий явилось создание интегрированной АСУ ТП, в рамках которой внедрены и успешно работают АСУ электротехнического оборудования на базе программно-технического комплекса "КВИНТ", подсистема защит и автоматики "АББ Реле-Чебоксары" и подсистема аварийной регистрации БАРС.

В 1998 г. с вводом в эксплуатацию энергоблока № 2 средствами АСУ ТП в полном объеме была оснащена вторая секция КРУЭ 220 кВ и частично (терминалы АББ и регистраторы БАРС) первая секция.

Для ведения технологического процесса на рабочем месте начальника смены электроцеха установлены операторская и событийная станции.

Электрооборудование представляется на операторской станции в виде мнемосхем. Событийная станция в реальном масштабе времени представляет информацию о текущих событиях – как штат-

ных, так и нештатных (включение/отключение коммутационных аппаратов, изменение режимов работы, технологические ошибки и т.д.).

Система позволяет вести учет действий оператора.

Для инженера-релейщика также предусмотрено автоматизированное рабочее место, реализованное в рамках подсистемы РЗА АББ.

Таким образом, для оборудования КРУЭ с внедрением АСУ ТП на ТЭЦ-27 были решены задачи контроля и диагностики состояния силового оборудования, средств РЗА и измерительных каналов, увеличена информированность персонала, автоматизированы средства проверки устройств РЗА, предусмотрен анализ действий оперативного персонала, реализованы подсказки при управлении электрооборудованием.

Одним из основных направлений организации эксплуатации КРУЭ 220 кВ является охрана труда персонала. Поэтому на основании действующей в Мосэнерго "Инструкции по работе с элегазовым оборудованием, загрязненным продуктами разложения элегаза 1301 Б.00.00.000 ИД", на ТЭЦ-27 разработаны и применяются инструкции по охране труда для работников, занятых обслуживанием КРУЭ 220 кВ.

Можно с уверенностью констатировать, что специфичное для электростанций электрооборудование КРУЭ успешно освоено на ТЭЦ-27, в ОАО Мосэнерго накоплен положительный опыт эксплуатации элегазового оборудования в условиях станции и внесено много предложений по повышению его надежности и безаварийной эксплуатации.

## Выводы

1. На ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго применение элегазового распределустройства 220 кВ является положительным примером внедрения нового отечественного оборудования, хотя из-за невысокого качества изготовления оборудование изначально не в полной мере отвечает требованиям повышенной надежности в условиях электростанции.

2. Очевидны преимущества КРУЭ 220 кВ перед традиционными РУ на ТЭЦ: экономия площади; экологическая безопасность; повышенный ресурс элегазовых выключателей; размещение оборудования в помещении, что удобно для монтажа и обслуживания; сокращенный состав ремонтного персонала.

3. Оснащение КРУЭ 220 кВ средствами АСУ ТП позволяет сократить эксплуатационные затраты, повысить безопасность эксплуатации, проводить контроль и диагностику состояния силового электрооборудования и средств РЗА, уменьшить объем профилактических осмотров и ремонтов, анализировать действия оперативного персонала.

# Организация ремонтного обслуживания насосного оборудования ТЭЦ-27 и проводимые реконструкции насосов

Тришкин С. К., Иванов А. Б., инженеры

## ТЭЦ-27 Мосэнерго

Надежность работы любой тепловой электростанции, особенно имеющей блочную схему, во многом зависит от состояния насосного парка. На ТЭЦ-27 с момента ее создания этому оборудованию уделяется значительное внимание. К сожалению, не всегда качество и конструктивное исполнение выпускаемых заводами – изготовителями насосов соответствуют требованиям энергетиков в части их надежной и безотказной работы, что вынуждает уходить от заводских конструкций, а также создавать на энергетических предприятиях специальные подразделения для ревизии и ремонта насосного оборудования.

При формировании цеха централизованного ремонта (ЦЦР) в его структуру введена специализированная бригада по ремонту и обслуживанию насосного оборудования ТЭЦ. Состав бригады подбирался из наиболее квалифицированных и ответственных работников, способных проводить ремонты насосов любой сложности.

В это же время при комплектовании ремонтной базы был подобран состав вспомогательного оборудования, позволяющий проводить ремонт всего, установленного на ТЭЦ насосного оборудования и изготовление большинства деталей, включая валы длиной до 3 м.

Создание специализированной бригады, правильный подбор оборудования ремонтной базы позволили полностью отказаться от услуг подрядных организаций при ремонте, что, на наш взгляд, повысило ответственность ремонтного персонала, занятого ремонтом насосного оборудования и, как следствие, качество проводимых ремонтов. В настоящее время все установленные на ТЭЦ насосы работают без замечаний и показатели их работы укладываются во все нормативные требования.

Во время строительства и монтажа энергетических мощностей на ТЭЦ-27 все насосы прошли предмонтажную ревизию, а часть насосов еще до монтажа подверглась реконструкции, о чем далее будет сказано более подробно.

Основой надежной работы любого оборудования является строгое соблюдение графика планово-предупредительных ремонтов. График составляется таким образом, чтобы все насосное оборудование проходило ремонт в период с января по октябрь, что позволяет использовать ноябрь и декабрь для подготовки к следующей ремонтной кампании. Возможность проводить ремонты насосов в течение всего года с равномерной загрузкой

персонала, занятого на ремонте, позволила создать необходимый обменный фонд насосов, наиболее ответственных узлов и необходимый запас наиболее изнашиваемых деталей. Так, на ТЭЦ имеются три внутренних корпуса конденсатных насосов, что позволяет проводить замену внутреннего корпуса (капитальный ремонт) в межремонтный период, затрачивая не более 4 ч рабочего времени на один насос.

Высокая квалификация ремонтного персонала и накопленный опыт позволили провести на нашей ТЭЦ ряд удачных модернизаций насосов, направленных на повышение надежности работы, увеличение межремонтного периода, улучшение вибрационных характеристик насосного оборудования. Основными направлениями проводимых реконструкций являются:

снижение протечек через концевые уплотнения насосов путем установки торцовых уплотнений вместо сальниковых;

внедрение гидродинамических подшипников, работающих на перекачиваемой среде, вместо подшипников качения.

Наиболее интересными из внедренных на ТЭЦ работ по реконструкции насосов являются:

комплексная реконструкция насосов КсВ125-140; реконструкция сетевых насосов и насосов типа Д с переводом на гидродинамические подшипники и торцовые уплотнения;

/modernизация насосов типа ЦНС, ЦНСГ; разработка, изготовление и внедрение на насосах ТЭЦ-27 собственной конструкции торцовых уплотнений.

Далее приводится краткое описание указанных реконструкций.

**Комплексная реконструкция насоса типа КсВ125-140, выпускавшегося сумским насосным заводом Насосэнергомаш.** Анализ конструкции указанных насосов показал, что она имеет ряд существенных недостатков.

1. Компенсация осевых усилий, действующих на ротор при работе насоса, осуществляется неполностью. Остаточная сила (около 200 кгс) направлена вверх. Воздействие этой силы на опорные подшипники приводит к их чрезмерному нагреву и скорому выходу из строя.

2. Подшипниковая опора, состоящая из блока двух радиальных подшипников № 313, установлена в верхней части насоса. В нижней части ротор не имеет опоры и консольно закреплен в верхней

опоре, что при работе насоса приводит к повышенной вибрации, быстрому износу уплотнительных колец и разрушению опорных подшипников.

3. Концевое уплотнение – сальникового типа, которое не обеспечивает полной герметичности насоса и приводит к подсосу воздуха при работе насоса под вакуумом.

Для устранения указанных недостатков конструкции насоса выполнены следующие мероприятия:

произведен перерасчет осевых сил, действующих на ротор насоса, и по результатам расчета изменены геометрические размеры разгрузочного устройства;

для обеспечения большей жесткости ротора насоса между рабочими колесами первой и второй ступеней вместо уплотнительного кольца установлен гидродинамический подшипник;

изменен узел шариковых подшипников. Вместо блока из двух подшипников установлен один подшипник № 313;

в существующую сальниковую камеру установлено двойное торцовое уплотнение.

Дополнительно на насосах, перекачивающих горячий конденсат из конденсатосборников ПСГ, корпуса подшипников выполнены охлаждаемыми.

Внедрение указанных мероприятий на каждом из 13 насосов, установленных на ТЭЦ, позволило обеспечить значительное снижение уровня вибрации, который в настоящее время не превышает 1,5 мм/с, полную герметичность насосов, надежную и долговечную работу опорных подшипников, уменьшить габариты насоса почти на 200 мм.

Отказов в работе по конструктивным причинам после проведения реконструкции этих насосов не было.

**Реконструкция сетевых насосов и насосов типа Д с переводом на гидродинамические подшипники и торцовые уплотнения.** Наибольшее число отказов в работе насосов типа Д или СЭ приносят узлы сальниковых уплотнений и опорных подшипников качения. Избавиться от указанных недостатков, значительно при этом улучшив работу насосов в части их вибрационного состояния, длительной и безотказной работы, практического исключения протечек через концевые уплотнения и повышения пожарной безопасности, позволило применение на данных насосах гидродинамических подшипников и установка торцовых уплотнений. Кроме того, насосы, реконструированные по данной схеме, не требуют никакого обслуживания в процессе работы.

Конструкция насоса выполнена по симметричной схеме (передние и задние подшипники и уплотнения абсолютно одинаковы). Такое конструктивное решение позволяет сохранить равновесие осевых сил в насосе. На **рис. 1** показана конструктивная схема одной из сторон насоса.

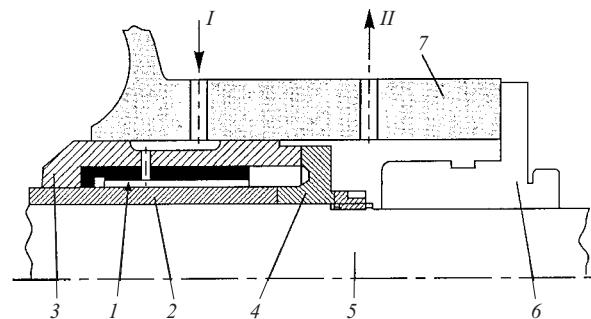


Рис. 1. Конструктивная схема одной из сторон насоса:

I – неподвижная втулка; 2 – сменная вращающаяся втулка; 3 – корпус подшипника; 4 – упорный диск; 5 – вал насоса; 6 – торцовое уплотнение; 7 – корпус насоса; I – подвод рабочей среды на напор от насоса; II – отвод рабочей среды на всас насоса

Гидродинамический подшипник и торцовое уплотнение монтируются в существующей сальниковой камере насоса.

Подшипник состоит из четырех основных частей: неподвижной втулки 1, установленной в сальниковой камере, изготовленной из композиционного материала, обладающего низким коэффициентом трения; сменной вращающейся втулки 2, установленной на валу насоса, выполненной из нержавеющей стали; корпуса подшипника 3; упорного диска 4.

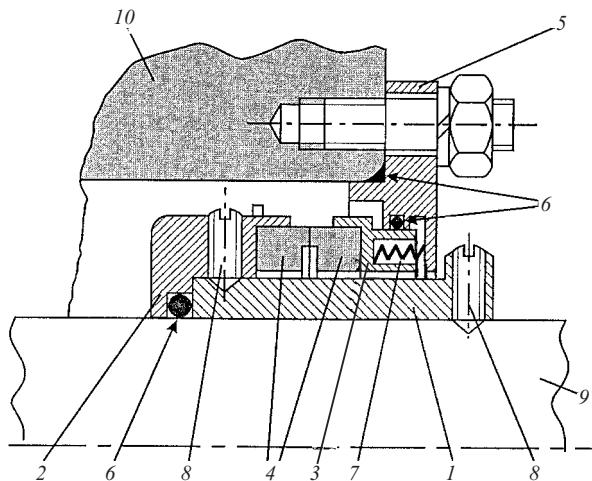
В полости, выполненные в неподвижной втулке, подается вода (рабочая среда насоса) на смазку подшипника. Упорные диски служат для фиксации ротора в осевом положении при работе насоса и работают по принципу гидропяты. Разбег ротора собранного насоса 0,4 – 0,5 мм.

Полость между упорным диском и торцовым уплотнением связана со всасом насоса. Таким образом, вода, подаваемая на смазку подшипника, одновременно охлаждает торцовое уплотнение.

Долговечность работы насоса данной конструкции во многом зависит от наличия в перекачиваемой среде абразивных включений и от правильного подбора материала неподвижной втулки подшипника. Опыт показывает, что наработка на отказ насосов, выполненных по данной схеме, превышает 30 тыс. ч.

**Модернизация насосов типа ЦНС (ЦНСГ).** Модернизация насосов данного типа заключается в установке двух гидродинамических подшипников и одного торцового уплотнения со стороны полумуфты. Штатные корпуса подшипников убираются, со стороны гидропяты на крышку насоса устанавливается глухая крышка.

Оба гидродинамических подшипника вмонтированы в крышки насоса, причем, в напорной крышке подшипник установлен в посадочном месте дросселирующей втулки разгрузочного устройства. Подвод воды на гидропяту осуществляется через каналы, выполненные в неподвижной втулке



**Рис. 2. Конструктивная схема уплотнения, изготавливаемого на ТЭЦ-27:**

1 – вращающаяся втулка; 2 – вращающаяся обойма; 3 – неподвижная обойма; 4 – кольца пары трения; 5 – крышка уплотнения; 6 – резиновые уплотнительные элементы; 7 – прижимные пружины; 8 – стопорные винты; 9 – вал насоса; 10 – корпус насоса

подшипника. Эта же вода осуществляет смазку подшипника. Подача воды на подшипник, установленный во всасывающей крышке, производится через дополнительное отверстие в крышке либо от напорного патрубка насоса, либо от промежуточной ступени (в зависимости от числа ступеней насоса).

**Торцовые уплотнения.** В настоящее время на ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго более 80% насосного парка оснащено торцовыми уплотнениями. При переводе насосов, поставка которых осуществлялась с сальниковыми уплотнениями, на торцовые уплотнения взято два направления:

1. Установка покупных уплотнений на насосы с диаметром вала до 80 мм.

2. Изготовление уплотнений собственной конструкции на насосы с валами большего диаметра.

Конструктивная схема уплотнения, изготавливаемого на ТЭЦ-27 ОАО Мосэнерго, показана на [рис. 2](#).

Отличительной особенностью данного уплотнения является то, что оно выполнено в виде готового блока (картриджа) и при монтаже на насос не требует никаких дополнительных регулировок.

Кроме того, известно, что основными дефектами торцовых уплотнений являются протечки через

резиновые уплотнительные элементы, поэтому в нашей конструкции кольца пары трения, выполненные из силицированного графита, вклеены в металлические обоймы. Данная конструктивная особенность, кроме уменьшения числа резиновых уплотнений, позволяет сделать процесс обработки колец пары трения при изготовлении или ремонте более технологичным и создает дополнительную защиту хрупких графитовых деталей.

Многие мероприятия по улучшению работы насосного оборудования проводятся в тесном сотрудничестве с КБ Московского завода лопастных гидромашин (ЛГМ) и НПО Ливгидромаш.

На взаимовыгодных условиях от Ливгидромаша получены и смонтированы в схеме ТЭЦ два опытных образца двухвальных конденсатных насосов 1КсВ315-160 и 1КсВ200-220.

Насос 1КсВ315-160 после доводки на ТЭЦ отработал два сезона без замечаний. Наработка насоса составила около 5000 ч.

Все мероприятия по доводке насоса, проведенные на ТЭЦ, учтены в ОАО Ливгидромаш при проектировании серийного насоса.

Насос 1КсВ200-220 в настоящее время проходит опытно-промышленную обкатку.

Для дальнейшего повышения качества ремонта насосов в настоящее время на ТЭЦ-27 создается технологическая поточная линия, включающая необходимую оснастку и приспособления, позволяющие проводить все ремонтные операции, стенды для испытания торцовых уплотнений, полностью имитирующие работу уплотнений на насосе, а также стенд для испытания насосов с потребляемой мощностью до 100 кВт.

## Вывод

Опыт эксплуатации, ремонта и реконструкций насосного оборудования ТЭЦ-27 убедительно показывает необходимость постоянного, тесного сотрудничества разработчиков и изготовителей данного типа оборудования с эксплуатирующими и ремонтными предприятиями и организациями с целью совершенствования конструкций и улучшения эксплуатационных характеристик насосов, а также целесообразность внедрения конструктивных разработок ТЭЦ-27 как в серийном производстве, так и при ремонте насосного оборудования в ОАО Мосэнерго.

## Санитарно-защитная зона ТЭЦ-27

Иванов А. Г., инж.

### ТЭЦ-27 Мосэнерго

Каждое предприятие, являющееся объектом хозяйственной деятельности, связанное с производством продукции, выполнением работ и оказанием услуг, которые осуществляются с использованием процессов, оборудования и технологий, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, должно иметь санитарно-защитную зону (СЗЗ).

СЗЗ – территория между границами промплощадки и территории жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта.

Границы СЗЗ определяет линия, ограничивающая территорию или максимальную из плановых проекций пространства, за пределами которых нормируемые химические, биологические и физические факторы воздействия не превышают установленные гигиенические нормативы.

В зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду токсических и пахучих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека определяется классификация, в соответствии с которой устанавливаются нормативные размеры СЗЗ.

Достаточность размеров СЗЗ обосновывается расчетами на стадии проектирования и подтверждается натурными измерениями параметров влияния по завершении строительства, реконструкции, модернизации, ввода в эксплуатацию нового оборудования.

Размеры СЗЗ подлежат обязательному согласованию с органами Госсанэпиднадзора.

В зависимости от совокупного воздействия вредных факторов и обоснования натурными размерами размеры СЗЗ могут быть уменьшены или увеличены.

Но в любом случае санитарными нормами и правилами не допускается размещение в СЗЗ предприятий каких-либо жилых объектов, школьных учреждений, предприятий аналогичного или большего класса опасности.

История проектирования и строительства Северной ТЭЦ Мосэнерго является наглядным примером в достижении компромисса между требованиями контролирующих организаций, жителями прилегающих территорий и энергетиками, стремящимися обеспечить население «чистым» теплом и электроэнергией.

Однако волевое решение Совета Министров СССР в 1984 г. о выборе площадки под строительство газомазутной Северной ТЭЦ в Мытищинском районе Московской обл. для покрытия дефицита в тепле и электроэнергии северных районов Москвы и организации вокруг ТЭЦ крупной промышленной зоны вызвало негативное отношение значительной части жителей Мытищинского района, Советов народных депутатов, движения партии «зеленых».

В результате, разработанный и согласованный со всеми организациями первоначальный проект, по которому СЗЗ определялась размером 1000 м, подвергся жесточайшей критике. Все настойчивее звучали требования общественности о запрещении строительства ТЭЦ-27.

Руководители Мосэнерго и Северной ТЭЦ оказались в сложнейшей кризисной ситуации. Предстояло доказать населению и природоохранным организациям возможность ввода новых мощностей на экологически неблагополучной территории, самодостаточной по теплу и электроэнергии.

Только использование новейших природоохранных технологий могло доказать всевозможным экспертизам и, самое главное, населению экологическую безупречность Северной ТЭЦ.

Для достижения этой цели потребовалась существенная корректировка ранее разработанного проекта, в результате которой были предложены следующие решения:

1. Для снижения негативного воздействия на атмосферный воздух:

использование в качестве основного и резервного топлива наиболее чистого горючего – природного газа от двух независимых источников, за счет чего будет предотвращен выброс в атмосферу оксидов серы в объеме 19 000 т/год и оксидов ванадия 103 т/год;

сокращение числа водогрейных котлов с 11 до 9, а паровых котлов собственных нужд с 3 до 1 при дополнительной установке двух энергоблоков по 800 МВт каждый позволит увеличить коэффициент теплофикации с 0,3 до 0,45;

применение котлоагрегатов с пониженным выходом оксидов азота, за счет ступенчатого сжигания топлива, рециркуляции дымовых газов обратно в топки, модернизированных горелочных устройств обеспечит снижение выбросов оксидов азота на 3185 т/год;

применение на всех пяти энергоблоках установок подавления оксидов азота датской фирмы Hal-

dor Topsoe с коэффициентом газоочистки 70% сократит выбросы оксидов азота на 4000 т/год.

2. Для экономии свежей воды и снижения негативного воздействия на водный бассейн предусмотрено:

использование продувочных вод градирен в технологическом цикле ХВО исключит забор свежей воды на 48 тыс. м<sup>3</sup>/сут и сброс теплых вод;

повторное использование технологических стоков ХВО в схеме подготовки воды для подпитки теплосети сократит потребление свежей воды на 7488 м<sup>3</sup>/сут;

применение двухконтурной схемы нагрева севой воды уменьшит объем технологических стоков ХВО на 185 м<sup>3</sup>/сут;

использование для регенерации фильтров природных подземных рассолов с глубины 1250 м сократит расход свежей воды на 89 м<sup>3</sup>/сут;

использование очищенных замасленных вод для подпитки системы обратного водоснабжения сэкономит 720 м<sup>3</sup>/сут свежей воды;

использование очищенных ливнестоков обеспечит дополнительную подпитку цирксистемы в объеме 150 тыс. м<sup>3</sup>/год.

3. Для исключения электромагнитных излучений и сокращения территории под застройку предусмотрено строительство закрытых распределительств на 220 и 500 кВ с использованием элегазового оборудования.

4. Для снижения шума на 20 – 40 дБ в различных диапазонах частот дополнительно предусмотрены шумоглушители воздухозаборников и дымососов котлов, экраны силовых трансформаторов, ГРП и градирен.

Указанные дополнительные мероприятия по мнению энергетиков гарантировали минимальное воздействие на людей и окружающую среду, причем по факторам химического воздействия на атмосферный воздух, водный бассейн и электромагнитным излучениям ввиду их незначительности установления СЗЗ не требуется.

Основным фактором в определении размеров СЗЗ оказался акустический. По расчетам, выполненным НИИ Строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, зона шумового влияния на полное развитие ТЭЦ-27 без внедрения шумозащитных мероприятий достигала бы 2,5 км от акустического центра (середина между двумя дымовыми трубами). В данной зоне оказалось бы несколько многонаселенных микрорайонов г. Мытищи и рядом расположенных деревень. Для решения столь сложной задачи в соответствии с санитарными нормами существовало всего два пути. Первый – отселение из СЗЗ. Такое решение было бы болезненным и морально неэтичным по отношению к людям. Второй – внедрение комплекса передовых средств шумоглуше-

ния для максимального сокращения зоны шумового влияния, по которому и пошли энергетики.

В результате тщательного подбора средств шумоглушения по прогнозным расчетам зону шумового влияния удалось сократить до 750 – 800 м от акустического центра и полностью исключить попадание в данную зону жилья.

С прогнозными расчетами в оценке влияния ТЭЦ на окружающую природу соглашались и многочисленные экспертизы: Мосгорэкспертиза, Москомприроды, Мособлкомприроды, Академия медицинских наук, Главгосэкспертиза РСФСР, Госкомприроды СССР, Минприроды СССР.

По просьбе общественности была проведена международная экспертиза под эгидой финской фирмы "ИВО Интернейшнл" с привлечением финских экспертов Института исследований леса, Метеорологического научно-исследовательского института вод и окружающей среды, в заключениях которых сделаны следующие выводы: "Северная ТЭЦ соответствует международным стандартам по охране окружающей среды... сочетает в себе экономические преимущества использования природного газа и комбинирования производства тепла и электроэнергии. На сегодняшний день не существует альтернативных технических решений для производства электроэнергии с меньшим экологическим воздействием на окружающую среду... Никаких воздействий на здоровье человека, на лес или водохранилище не будет..."

Всеми экспертизами отмечалось, что строительство Северной ТЭЦ возможно пусковыми комплексами при условии обязательного подтверждения проектных показателей ежегодными натуральными измерениями при обязательном первоочередном внедрении природоохранных мероприятий.

После согласования всей проектной документации, оставался неразрешенным лишь вопрос о границах СЗЗ ТЭЦ-27 из-за жесткой позиции областного Госсанэпиднадзора, по мнению которого согласование СЗЗ – далекая перспектива, при достижении ТЭЦ-27 определенной мощности и возможности сравнения проектных и натуральных показателей влияния.

Свое рождение Северная ТЭЦ-27 получила в 1992 г., запустив первый водогрейный котел теплопроизводительностью 180 Гкал/ч КВГМ-180. На сегодняшний день установленная мощность ТЭЦ-27 составляет 160 МВт по электроэнергии, а по теплу 1305 Гкал/ч, при проектной мощности соответственно 940 МВт и 3000 Гкал/ч.

За эти годы выполнены все проектные природоохранные мероприятия, предусмотренные каждым пусковым комплексом.

С привлечением специализированных организаций и собственными силами ведется ежегодный комплексный мониторинг окружающей среды в зоне возможного влияния ТЭЦ-27.

Создана собственная экологическая лаборатория. На базе АСУ ТЭЦ-27 реализована программа непрерывного контроля выбросов за котлами и в зоне влияния при реальных метеоусловиях. Ведется работа по повышению экологического правосознания персонала. На постоянной основе организованы экологические экскурсии по ТЭЦ-27 для студентов и школьников г. Москвы и Московской обл.

Внедренные мероприятия по сокращению выбросов в атмосферу обеспечивают содержание выбрасываемых оксидов азота в приземном слое около 1% нормы при самых неблагоприятных метеоусловиях. По данным Московского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды определить влияние ТЭЦ-27 приборными методами порой не представляется возможным.

Комплекс очистных сооружений надежно предотвращает сброс неочищенных стоков в водные объекты. Протекающая по территории ТЭЦ-27 р. Сукромка специально взята в подземное железобетонное русло и по мнению Мытищинского Госсанэпиднадзора считается одной из самых чистых рек в районе.

За счет внедренных шумозащитных мероприятий зона шумового влияния при существующей мощности не выходит за пределы ограды ТЭЦ.

Новый авангардный метод перспективного расчета уровней звуковой мощности, разработанный НИИ Стройфизики, и многочисленные серии

натурных измерений шума, выполненные при существующей мощности ТЭЦ-27 с использованием новейших импортных приборов, показали достаточную сходимость и тем самым подтвердили заявленную проектом зону шумового влияния в 750 – 800 м на полное развитие ТЭЦ.

Как ранее отмечалось в заключениях экспертиз, экологические параметры ТЭЦ-27 не вписываются в обычные рамки – "...по своим параметрам значительно превосходят экологические характеристики действующих отечественных теплоэлектростанций". Поэтому настойчивая работа энергетиков по внедрению эффективных природоохранных мероприятий, неослабевающий контроль и регулярные проверки Госсанэпиднадзора Московской обл. и г. Мытищи за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов на ТЭЦ-27 позволили Госсанэпиднадзору по Московской обл. утвердить в 2002 г. СЗЗ ТЭЦ-27 размером 750 – 800 м.

Так завершился первый этап – этап определения размеров СЗЗ ТЭЦ-27.

И начался второй этап – разработка проекта организации СЗЗ. На этом этапе ТЭЦ-27 предстоит решить вопросы благоустройства и озеленения СЗЗ.

Руководство ТЭЦ-27 уверено, что и этот этап будет пройден успешно, а ТЭЦ-27 по-прежнему останется самой экологически чистой тепловой электростанцией в России.

## Охрана труда и промышленная безопасность на ТЭЦ-27

**Дмитриев Е. А., Ершов В. В., инженеры, Карпов В. Б., канд. техн. наук**

### ТЭЦ-27 Мосэнерго – ПТО Мосэнерго

ТЭЦ-27 АО Мосэнерго ведет отсчет своей работы с 1992 г., когда был пущен в работу первый водогрейный котел. В настоящее время на ТЭЦ эксплуатируются два энергоблока мощностью по 80 МВт каждый и пять водогрейных котлов теплопроизводительностью по 180 Гкал/ч. За прошедшее со дня пуска время на ТЭЦ сложился дружный и работоспособный коллектив эксплуатационников.

Первоначально вопросами надежности эксплуатации оборудования и охраны труда на нашем предприятии в соответствии с утвержденной штатной структурой занимались три инженера-инспектора: старший инженер-инспектор по эксплуатации и пожарной безопасности, старший инспектор по технике безопасности и инженер-инспектор по эксплуатации объектов Госгортехнадзора (ГГТН). Позднее, с развитием предприятия и выходом Федерального закона № 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" [1], руководством

электростанции было принято решение объединить имеющихся инспекторов в единую службу при сохранении штатной численности. Так, на ТЭЦ-27 появилось новое структурное подразделение – служба надежности и охраны труда, подчиненная непосредственно главному инженеру. В состав службы входят: начальник службы – старший инспектор по эксплуатации и пожарной безопасности; старший инспектор по охране труда; ИТР по надзору за безопасной эксплуатацией объектов ГГТН.

Помимо должностных инструкций инспекторского состава разработано и утверждено "Положение о службе надежности и охраны труда". Персонал службы обучен и аттестован, что обеспечивает достаточно высокую степень взаимозаменяемости и дает возможность оперативно проводить собственные комплексные проверки и другие необходимые мероприятия.

Для службы выделено отдельное помещение, оборудован кабинет охраны труда, в котором помимо необходимых нормативных документов по вопросам охраны труда имеются стенды с наглядной агитацией и образцами средств индивидуальной защиты; установлена видеоаппаратура для просмотра фильмов по охране труда. Здесь проводятся вводные инструктажи по охране труда и пожарной безопасности с персоналом, поступающим на работу, и персоналом подрядных организаций; ежегодно перед началом массовых ремонтных работ со всем производственным персоналом проводятся занятия по оказанию первой помощи пострадавшим от несчастных случаев с использованием современного компьютерного манекена-тренажера AMBU MAN.

Два компьютера оснащены программами проверки знаний персонала, информационными системами по охране труда и пожарной безопасности. На компьютере старшего инспектора по охране труда установлено также программное обеспечение АРМ СОТ и программа, обеспечивающая работу тренажера AMBU MAN.

Локальная сеть, связывающая компьютеризированные рабочие места персонала ТЭЦ, позволяет осуществлять рассылку поступающих в электронном виде информационных документов по охране труда и отраслевых обзоров травматизма по всем подразделениям.

Примененная на ТЭЦ-27 интегрированная автоматизированная система контроля и управления технологическими процессами (ИАСУ ТП) охватывает все участки производства электрической и тепловой энергии, включая удаленные и периферийные объекты, что позволяет реально снизить воздействие на обслуживающий персонал опасных и вредных производственных факторов за счет снижения времени пребывания во вредных условиях и повысить безопасность персонала при выполнении оперативных переключений в электроустановках.

На ТЭЦ практически завершены работы по аттестации рабочих мест, выполнены все необходимые замеры, заканчивается оформление карт аттестации рабочих мест. В настоящее время ведется разработка мероприятий по улучшению условий труда, результатом которой станет снижение воздействия на персонал опасных и вредных производственных факторов. В ряде случаев это будет достигнуто за счет выполнения технических мероприятий, в остальных случаях – за счет применения дополнительных средств индивидуальной защиты или снижения времени пребывания во вредных условиях.

Инспекторский состав службы надежности и охраны труда работает по годовому плану в тесном контакте с представителем профсоюзного комитета, отвечающим за производственный сектор, и общественными инспекторами по охране труда

подразделений. На ТЭЦ действует система оперативных совещаний, проводимых руководством предприятия, на которых наряду с техническими и экономическими вопросами в обязательном порядке рассматриваются вопросы охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

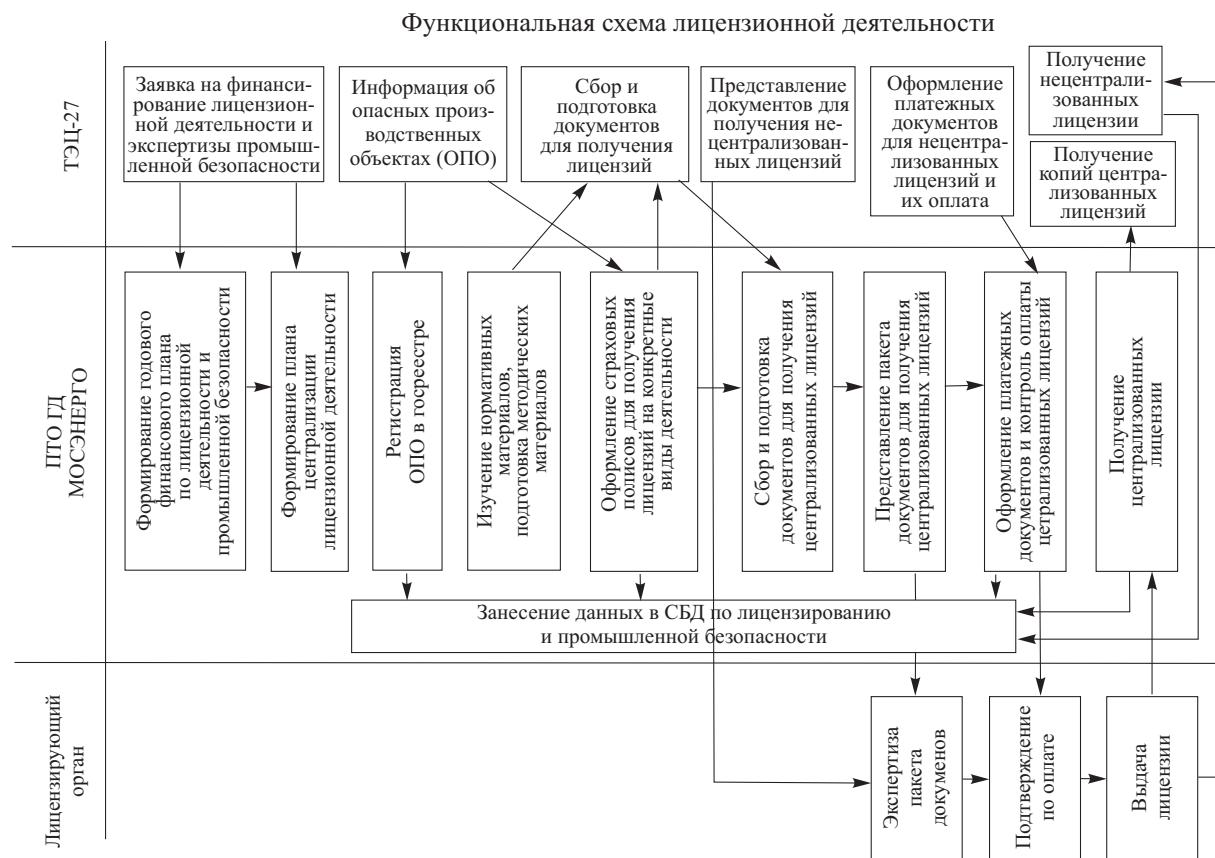
На всех филиалах Мосэнерго с 1998 г. внедрена и действует Система управления охраной труда (СУОТ). На основании "Положения о системе управления охраной труда в акционерном обществе Мосэнерго" на ТЭЦ-27 разработано и действует собственное "Положение о СУОТ", в котором определены функции и обязанности по охране труда работников предприятия и ряд положений, которыми следует руководствоваться в ежедневной работе и решении вопросов охраны труда. Согласно "Положению о СУОТ" на ТЭЦ-27, как и на всех филиалах Мосэнерго, ежемесячно проводится "День техники безопасности", отличительной особенностью проведения которого на ТЭЦ-27 является то, что на основании утвержденной общестанционной программы в подразделениях разрабатываются собственные программы, учитывающие производственную специфику подразделения.

Для усиления контроля за соблюдением персоналом требований охраны труда и отраслевой нарядно-допускной системы на ТЭЦ-27 в дополнение к регулярным и внезапным проверкам, проводимым инспекторским составом СНОТ и администрацией цехов, организовано ежедневное дежурство ответственных дежурных по технике безопасности из числа ИТР производственных цехов. Результаты проводимых проверок оформляются в специальном журнале или протоколом внезапной проверки и доводятся до сведения руководства соответствующих цехов и администрации станции. В случаях выявления грубых нарушений правил охраны труда работа останавливается, производится разбор допущенного нарушения с принятием к нарушителю строгих дисциплинарных мер, предусмотренных действующим законодательством, и выпуском распорядительного документа.

В подразделениях на каждого работника заведены карточки учета нарушений техники безопасности, в которых учитываются допущенные им нарушения. На основании этого учета определяются люди, предрасположенные к нарушениям, и администрацией подразделения совместно с руководством предприятия решается вопрос о возможности дальнейшего пребывания работника на данной должности или рабочем месте.

Другим, не менее важным, направлением работы администрации ТЭЦ и службы надежности и охраны труда является осуществление комплекса мероприятий по реализации Федерального закона № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [2].

К опасным производственным объектам (ОПО) ТЭЦ-27 относятся следующие: газовое хозяйство;

**Функциональная схема лицензионной деятельности**

котлы, сосуды, трубопроводы пара и горячей воды; грузоподъемные краны, лифты.

Для безусловного выполнения закона [2] нашим филиалом и генеральной дирекцией Мосэнерго выполняются следующие мероприятия:

идентификация опасного производственного объекта;

регистрация опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов;

лицензирование конкретных видов деятельности;

подготовка и аттестация работников в области промышленной безопасности;

производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

экспертиза промышленной безопасности;

декларация промышленной безопасности;

страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта.

Первоначальным шагом по реализации Федерального закона [2] явилась идентификация ТЭЦ-27 в целях страхования, которая была проведена в конце 1998 – начале 1999 г.

В первый период у нас возникали затруднения из-за отсутствия четких методических рекомендаций по идентификации ОПО, и, как следствие это-

го, отсутствие единого подхода к решению проблем со страховыми и экспертными компаниями.

В 1999 г. в Мосэнерго была создана служба лицензирования и промышленной безопасности, основной задачей которой является централизованное осуществление всего комплекса работ, связанных с опасными производственными объектами. Служба определяет политику в области промышленной безопасности и лицензирования, осуществляет методическое руководство деятельностью филиалов Мосэнерго в области промышленной безопасности. Благодаря этому было осуществлено централизованное страхование ОПО всех филиалов Мосэнерго в апреле 1999 г.

Совокупная страховая премия составила сумму, в 20 раз меньшую, чем была первоначально запрошена страховой компанией. Впоследствии, после тщательного изучения методики по идентификации ОПО, удалось снизить класс опасности наших объектов и доказать, что объекты не попадают в приложение № 2 к закону [2] и, следовательно, не подлежат декларированию. В результате размер страховой премии в 2000 г. был уменьшен еще в 6 раз. В настоящее время ежегодное страхование гражданской ответственности проводится по второму типу опасности, что означает – ТЭЦ-27 не подлежит обязательному декларированию.

В конце 1999 г. все ОПО ТЭЦ-27 были внесены в государственный реестр опасных производст-

венных объектов за № А64-30032-019, текущая корректировка производится ежегодно.

На основании типового положения Мосэнерго нами в начале 2000 г. было разработано собственное "Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности на ТЭЦ-27" и согласовано с Центральным промышленным округом Госгортехнадзора России.

К этому положению прилагаются ежегодно обновляемые приложения. В план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на текущий год включаются работы по проведению экспертиз с оформлением соответствующих заключений:

по газовому хозяйству – на все технические устройства и проектную документацию в связи со строительством, реконструкцией, техническим перевооружением и др.;

по подъемным сооружениям, сосудам, работающим под давлением, котлам – при окончании нормативного срока службы и выявлении дефектов, которые вызывают сомнение в прочности конструкции, а также на промежуточные работы по требованиям отраслевых нормативных документов и правил по безопасной эксплуатации.

Согласно положению мы два раза в год представляем отчеты о выполнении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности в генеральную дирекцию Мосэнерго, где эти документы обобщаются и направляются в территориальные органы Госгортехнадзора.

Подготовка, аттестация и повышение квалификации руководителей и специалистов ТЭЦ-27 в области промышленной безопасности осуществляются в Московском центре подготовки кадров (МЦПК) в полном соответствии с "Положением о порядке подготовки и проверки знаний нормативных документов по технической эксплуатации, охране труда, промышленной и пожарной безопасности руководителей и специалистов энергетики"

[3]; в МЦПК разработана программа обучения по курсу "Промышленная безопасность", которая согласована с Госгортехнадзором России.

Лицензионная деятельность на ТЭЦ-27 осуществляется следующим образом: значительную часть лицензий получает Мосэнерго централизованно, для чего в его адрес отправляется необходимый пакет документов. Схема лицензионной деятельности приведена на рисунке.

В заключение следует отметить, что все проверки, проводившиеся на ТЭЦ-27 инспектирующими органами, отмечали достаточно высокий уровень состояния охраны труда и промышленной безопасности нашего предприятия. Все замечания, выявленные при проверках, сразу же становились предметом тщательного анализа для разработки и выполнения необходимых мероприятий по их устранению.

Мы считаем, что добиться сколько-нибудь заметных успехов в решении этих вопросов можно только при условии планомерной ежедневной работы с персоналом по доведению правил охраны труда до сознания каждого работающего, неукоснительного выполнения требований нормативных документов всеми работниками, независимо от должности, постоянного внимания к вопросам охраны труда и промышленной безопасности со стороны руководителей всех уровней и высокой требовательности к нарушителям правил безопасности и охраны труда.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 17/VII 1999 г. № 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации".
2. Федеральный закон от 20/VI 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
3. Положение о порядке подготовки и проверки знаний нормативных документов по технической эксплуатации, охране труда, промышленной и пожарной безопасности руководителей и специалистов энергетики. Утверждено РАО "ЕЭС России" 1/X 1999 г. Согласовано Госгортехнадзором России (письмо от 28/IX 1999 г. № 03-35/515).

## Вопросы создания и внедрения на базе ПТК "КВИНТ" тренажера по переключениям в электрической части ТЭЦ-27

Макаров О. Н., Андреев С. Н., Вавилов Д. Ю., инженеры

ТЭЦ-27 Мосэнерго

Специфика работы оперативного персонала на современном этапе развития электроэнергетики подразумевает и новый подход к созданию и применению тренажерных комплексов.

Статистика отказов электрооборудования и аварий в электроэнергетике свидетельствует, что 5–7% аварий и отказов происходят по вине оперативного персонала. И этот процент устойчиво

держится на протяжении многих лет, т.е. принимаемые руководителями отрасли и предприятий, а также соответствующими отраслевыми службами меры по снижению числа отказов и аварий оборудования, связанные с неправильными действиями персонала, не дают желаемых результатов. А ведь за этими сухими цифрами стоит не только материальный ущерб отрасли (вышедшее из строя оборудование, недоотпуск электроэнергии и др.), но и, в первую очередь, здоровье и жизнь людей.

Разногласия начинаются тогда, когда встает проблема реализации на практике идей по созданию тренажеров по оперативным переключениям в электрической части.

Можно выделить два магистральных направления развития тренажерных комплексов:

1. Создание "физических" тренажеров (макетов щитов и панелей управления), имеющих или не имеющих интеллектуальной начинки (расчетной математической или механической модели работы электроустановки).

2. Разработку компьютерных вариантов тренажерных систем, причем, слово "компьютерных" в большинстве случаев означает, что тренажер выполнен в электронном виде, и человеку, проходящему обучение, необходимо сидеть перед монитором и нажимать на кнопки.

У каждого направления есть свои сильные и слабые стороны. *Физические* тренажеры помогают обучающемуся лучше запомнить каждое действие, прочувствовать его физически (используются психофизиологические принципы моторной памяти человека). У обучающегося создается цельное представление о масштабах реального действия на реальном оборудовании. Однако физические тренажеры имеют и недостатки:

тренажер создается только для какой-то одной электроустановки, чаще типовой;

подобные тренажеры крайне дороги, что заставляет ставить вопрос об экономической целесообразности;

быстрое развитие техники и технического прогресса приводит к быстрому моральному устареванию физических тренажеров;

достоверность расчетной модели для электроустановки в различных режимах эксплуатации вызывает в ряде случаев большие сомнения.

*Компьютерный* вариант тренажера более гибок в части изменения модели расчета и алгоритма работы электроустановки, его можно без больших материальных затрат применять к совершенно разным видам и типам схем, тренажер может бесконечное число раз копироваться и использоваться на различных рабочих местах предприятий. Компьютерные тренажеры имеют следующие недостатки:

тренажеры оторваны от действительности, у тренирующегося складывается иллюзия абсолют-

ной простоты выполняемых операций, исчезает здоровое чувство опасности при работах в электроустановках;

тренажеры не позволяют проверить четкое знание обучающимся ряда операций, непосредственно не связанных с переключениями в электрической схеме;

тренажеры требуют владения азами компьютерной грамотности.

Общий недостаток обеих разновидностей тренажеров заключается в том, что они обучают лишь (хотя и это очень важно на этапе подготовки персонала!) правильной последовательности производства переключений и работе с устройствами вторичной коммутации.

В связи с этим становятся понятными причины, по которым специалисты ТЭЦ-27 решили создать свой тренажер:

1. Отсутствие, как сказано ранее, тренажеров, которые бы в полной мере удовлетворяли нашим требованиям.

2. Любое сложное работоспособное устройство или качественная программа создается на основе чего-то уже сделанного, так как невозможно на пустом месте быстро создать качественный продукт, а основа для создания тренажера на ТЭЦ-27 есть – это ПТК "КВИНТ".

3. Тренажер по переключениям создается для производства переключений в электроустановках, т.е. разрабатываться он должен на примере конкретных установок и для конкретных условий. Необходимо также учесть, что оборудование, установленное на ТЭЦ-27, является достаточно сложным и разноплановым; все эти аспекты практически невозможно учесть при применении типового тренажера.

4. Оборудование ТЭЦ-27 является достаточно новым и еще не изношенным, режим работы станции находится в базовой части электрического графика нагрузки, поэтому плановые переключения и нестандартные ситуации с электротехническим оборудованием происходят на ТЭЦ-27 нечасто. Все это ведет к вынужденному снижению квалификации оперативного персонала, в некоторой степени к потере оперативной хватки, поэтому необходим тренинг для поддержания постоянной готовности к ликвидации нестандартных ситуаций.

Создаваемый на базе ПТК "КВИНТ" тренажер по производству оперативных переключений в электрической части ТЭЦ-27 позволяет решить или заметно продвинуться в решении следующих задач:

обучение новых сотрудников, принимаемых на работу в электроцехах в качестве оперативного персонала;

закрепление знаний и навыков оперативного обслуживания у работающего персонала, в том числе и работе с ПТК "КВИНТ";

периодический тренинг оперативного персонала посредством имитации на тренажере различных стандартных и аварийных ситуаций;

тестирование существующей системы АСУ ЭТО (составная часть ПТК "КВИНТ") в имитационном режиме, выявление "узких" мест системы.

Поставленные задачи позволяют обозначить принципы, на которых создается тренажер:

тренажер создается на базе существующего ПТК "КВИНТ" для электрической схемы ТЭЦ-27;

программное обеспечение и пользовательский интерфейс должны предполагать построение в дальнейшем связей с тренажером тепловой части ТЭЦ-27 и тренажерными системами АО Мосэнерго; необходимо учесть возможность видоизменения существующей системы АСУ ЭТО при ее доработке;

тренажер может эксплуатироваться как в сетевом (несколько тренирующихся выполняют одну задачу с разделением обязанностей), так и в однопользовательском варианте; при этом важно предусмотреть, чтобы куратор тренировки мог в любой момент подключиться к тренировке в качестве наблюдателя;

тренажер является 100%-ным имитатором функциональных возможностей средств управления, реализованных средствами ПТК "КВИНТ" и реального силового оборудования.

В связи со сложностью поставленных задач тренажер на ТЭЦ-27 создается в несколько этапов.

*Этапы создания тренажера* (в настоящее время осуществляется первый этап):

*Этап 1.* Тренажер представляет собой имитатор электрической части системы "КВИНТ", где часть переменных параметров берется из базы данных (архива), другая часть параметров задается случайным образом в некотором заданном интервале либо куратором тренажера. Логика работы схемы прописывается алгоритмами работы устройств РЗА и ПТК "КВИНТ". Математическая модель схемы отсутствует. Правила переключений построены на дискретном принципе (включен – отключен), зависимые друг от друга аналоговые переменные (токи, напряжения, частота, температуры нагрева, вибрационные характеристики) берутся из архива ПТК "КВИНТ" с использованием фильтра, часть переменных может вводиться вручную куратором тренажера. Оперативные переговоры, применение средств защиты, операции в цепях вторичной коммутации осуществляются в виде выбора текстовых вариантов развития действия. Рабочее место выполнено на локальной машине.

*Этап 2.* Проработка вопросов применения средств защиты, ведения оперативных переговоров, переключения в цепях РЗА.

*Этап 3.* Построение математической модели электрической схемы ТЭЦ-27 (включая присоединения 0,4 кВ и постоянного тока), построение ло-

гических и программных связей с тепловым тренажером, работающим на базе ПТК "КВИНТ", отладка работы программы.

*Этап 4.* Написание алгоритмов полномасштабного многоцелевого тренажера, использующего возможности работы пользователя в среде виртуальной реальности. Проектирование связей с тренажерными комплексами АО Мосэнерго.

*Этап 5.* Воплощение в жизнь и отладка разработок четвертого этапа.

Учебный процесс для обучаемого разделяется на три этапа.

*Первый этап* предполагает знакомство с тренажером, проведение занятий на тренажере в режиме самоподготовки. Для этого на рабочих местах оперативного персонала, на ЦЩУ оборудуется тренажерное место. Продолжительность первого этапа не ограничивается.

*Второй этап* – проведение контрольных проверок и экзаменов руководством электроцеха и службой надежности ТЭЦ-27. Проверки могут быть произведены либо на рабочем месте оперативного персонала (в режиме экзаменатора), либо на рабочем месте куратора тренажера. Сроки проведения проверок и экзаменов определяются соответствующими нормами и правилами.

*Третий этап* представляет собой использование тренажера в режиме тестирования. Тестируется правильность работы самого тренажера в различных режимах и системы АСУ электротехнического оборудования с целью выявления "узких" мест системы при различных режимах работы и действиях оператора. Система доступа и контроля тренажера фиксирует каждое обращение к тренажеру, с идентификацией обратившегося (система кодов и паролей). Любые результаты работы с тренажером фиксируются и архивируются. Куратор отвечает за разработку программ тренировок, порядок применения тренажера, сохранение и анализ результатов.

## Выходы

Тренажер первых трех этапов для пользователя представляет собой экранные формы электрической схемы, панелей сигнализации, управления и защит. Большая часть операций и действий оперативного персонала, не связанных непосредственно с переключениями в электрических схемах, производится персоналом несамостоятельно, с помощью выбора одного из предложенных в текстовом виде вариантов. Многочисленные проверочные операции и осмотры положения коммутационных аппаратов также производятся в текстовом виде. Из практической работы известно, что большой процент ошибок оперативного персонала происходит вследствие ошибочного выбора присоединения или коммутационного аппарата. Однако при

работе на тренажере выбор присоединения или коммутационного аппарата производится на схеме, в экранной форме, где возможность ошибки многократно снижается. Исполнение тренажера подобным образом явно снижает практическую ценность тренажера как обучающей программы, однако на применяемых в настоящее время программных и технических средствах иное решение невозможно.

Все изложенное подводит нас к неутешительному выводу: использование современных технических средств и программного обеспечения не позволяет создать тренажер, способный удовлетворить всем требованиям оперативной работы. Перспективным направлением развития тренажеров является объединение достоинств физических и компьютерных тренажеров. Новейшие компьютерные разработки позволяют создавать виртуаль-

ную реальность, способную имитировать любые физические процессы.

Тренажер по переключениям, с использованием виртуальной реальности, позволит тренирующемуся как бы реально произвести всю последовательность действий, которую он должен выполнять при производстве настоящих переключений. Безусловно, на сегодняшний день создание подобного тренажера – это долгий, трудоемкий и дорогостоящий процесс, однако именно такой путь развития нам представляется верным. При нынешнем темпе создания новых программных продуктов и обновления элементной базы компьютерного парка возможность создавать виртуальные объекты без огромных временных и финансовых затрат может появиться уже через два-три года. В дальнейшем отложенный на ТЭЦ-27 тренажер может быть использован (после соответствующих доработок) и на других предприятиях электроэнергетики.

## О работе филиала кафедры АСУ ТП Московского энергетического института на ТЭЦ-27

Аракелян Э. К., доктор техн. наук, Горюнов И. Т., инж., Долинин И. В., канд. техн. наук, Андреев С. Н., инж.

**МЭИ – АО Мосэнерго – ТЭЦ-27 Мосэнерго**

Современный этап научно-технического прогресса в энергетике характеризуется бурным развитием и внедрением микропроцессорной техники для автоматизации всех технологических процессов и производств. Надежность энергоснабжения потребителей, обеспечение технико-экономической эффективности энергетического производства, жесткое выполнение технологических, режимных и экологических ограничений могут быть достигнуты только на основе автоматизированных систем управления.

Применение в энергетическом производстве принципиально новой микропроцессорной техники в корне меняет характер труда эксплуатационного персонала. Автоматика забирает у человека ряд привычных и, как правило, рутинных операций по принятию решений и управлению технологическими процессами, гарантуя при этом надежность и экономичность работы оборудования даже при недостаточной квалификации и небольшом опыте практической работы персонала.

Вместе с тем, структура и принципы построения современных программно-технических комплексов (ПТК) предоставляют для обслуживающего персонала уникальные возможности для анализа состояния и прогнозирования поведения энергооборудования, что требует от него понимания математических основ и технологии функционирования алгоритмов управления автоматизирован-

ными объектами, которое возможно только благодаря высокому уровню инженерной подготовки и ее целенаправленному совершенствованию в течение всей карьеры специалиста.

В условиях рыночной экономики традиционная вузовская наука делает очень многое для решения задач подготовки квалифицированных специалистов для современной энергетики. Уровень теоретической подготовки студентов сегодня остается по-прежнему достаточно высоким и соответствует динамике развития современных программно-технических средств (ПТС), но для закрепления теоретических знаний молодым специалистам, особенно в области автоматизации и релейной защиты, необходим достаточный объем практической работы на современных ПТК в условиях реального производства. В рамках учебного заведения этот процесс возможно организовать только на уровне небольшой лабораторной базы.

Однако воссоздать в условиях вузовской кафедральной лаборатории модель современной интегрированной АСУ с различными типами применяемых ПТК достаточно сложно и экономически нецелесообразно из-за высокой стоимости ПТС современных комплексов АСУ ТП. Для “инерционных” отраслей с большим парком техники и при малой ее обновляемости практическая работа студентов в условиях производства не имеет существенного значения, а для АСУ ТП, как для дина-

мично развивающейся отрасли, разрыв между теорией и практикой является зачастую непреодолимым барьером на пути становления молодого специалиста.

Вместе с тем, специалисты-производственники, в недавнем прошлом выпускники вузов, в том числе МЭИ, также нуждаются в постоянном совершенствовании своей теоретической подготовки по вопросам автоматизированных систем управления.

Вот почему на встрече генерального директора Мосэнерго Н. И. Серебряникова и ректора МЭИ Е. В. Аметистова во время презентации АСУ электротехнического оборудования ТЭЦ-27 в марте 2000 г. была впервые высказана и одобрена идея создания филиала кафедры АСУ ТП МЭИ на одном из филиалов Мосэнерго. Рассматривалось несколько вариантов создания филиала кафедры на различных предприятиях Мосэнерго, но благодаря тому, что на ТЭЦ-27 уже имелся богатый практический опыт разработки, создания и внедрения различных ПТС и их интеграции в единую АСУ электростанции, а также сложились устойчивые традиции по проведению ознакомительных экскурсий студентов и стажировок преподавателей МЭИ, приняли решение о создании филиала кафедры АСУ ТП МЭИ на ТЭЦ-27.

В результате было разработано "Положение о филиале кафедры АСУ ТП" и заключен договор о сотрудничестве между Мосэнерго и Московским энергетическим институтом по обеспечению подготовки и переподготовки специалистов по автоматизации для Мосэнерго и проведения совместных научно-технических работ на ТЭЦ-27.

Фактическое открытие филиала состоялось уже в июне 2000 г. после выполнения комплекса организационно-технических мероприятий, основные из которых:

утверждение преподавательского состава филиала кафедры, программ и планов учебно-методической и научно-исследовательской работы;

подготовка и оборудование помещений для организации учебной и исследовательской работы преподавателей и студентов кафедры;

организация лабораторных стендов и разработка учебных пособий в соответствии с основными лабораторными курсами кафедры АСУ ТП МЭИ;

разработка типовых программ прохождения ознакомительных, производственных и преддипломных практик студентов, стажировок преподавателей и сотрудников кафедры АСУ ТП и специалистов по АСУ филиалов Мосэнерго на ТЭЦ-27, тематики и объемов курсового и дипломного проектирования студентов в соответствии с планами развития АСУ ТЭЦ-27.

С октября 2000 г. филиал кафедры был официально открыт и начал действовать в соответствии с утвержденными планами учебно-методической и научно-исследовательской работы.

Основная задача филиала кафедры – прививать студентам способность к научно-исследовательской работе в целях производства, навыки в освоении новой техники, разработке прикладного программного обеспечения; готовить специалистов, умеющих обслуживать не только широко применяемое оборудование, но современные ПТК, с учетом динамичного развития и обновления современных АСУ ТП; обобщать и распространять опыт разработки и комплексного решения вопросов автоматизации среди специалистов по АСУ филиалов Мосэнерго. При этом одновременно решаются задачи подготовки кадров для Мосэнерго, повышения квалификации специалистов ТЭЦ-27 и Мосэнерго, консультаций специалистов МЭИ и Мосэнерго сотрудниками ТЭЦ-27 по вопросам развития и совершенствования АСУ электростанций, взаимного обучения специалистов МЭИ, ТЭЦ-27 и Мосэнерго, подготовки молодых специалистов по разработке, проектированию и наладке интегрированных АСУ, начиная от составления технического задания до внедрения систем управления в эксплуатацию.

В учебной и научной работе филиала от кафедры АСУ ТП МЭИ принимают активное участие: *Аракелян Э. К.* – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой, *Плетнев Г. П.* – доктор техн. наук, профессор, *Шедеркина Т. Е.* – канд.техн. наук, доцент, *Усенко В. В.* – канд. техн. наук, доцент; от ТЭЦ-27 – *Тарасов Д. В.* – заместитель главного инженера по АСУ, *Андреев С. Н.* – начальник цеха АСУ, *Вавилов Д. Ю.* – начальник электроцеха, *Столяров Д. О.* – начальник котлотурбинного цеха, *Зенова Н. В.* – начальник химлаборатории.

Для обеспечения решения возложенных задач была принята и, как оказалось в дальнейшем, полностью оправдала себя структура филиала кафедры, включающая преподавательскую, технический кабинет и мультимедийную аудиторию.

**Преподавательская** ([рис. 1](#)) или собственно кафедра – традиционное место подготовки к занятиям, обсуждения планов работ, подведения итогов, контактов со специалистами ТЭЦ-27 и индивидуальной работы со студентами (консультации, собеседования). Преподавательская оснащена компьютером, включенным в общестанционную вычислительную сеть. В составе автоматизированного рабочего места (АРМ) преподавателя наряду со стандартным пакетом офисных приложений и современных графических редакторов установлено специализированное прикладное программное обеспечение для работы с архивом ПТК "КВИНТ" и исследования АСУ ТП ТЭЦ-27.

**Мультимедийная аудитория** ([рис. 2](#)) используется для проведения лекционных занятий, школьных семинаров, научно-практических конференций и технических советов, оборудована компьютером с программным обеспечением в объеме АРМ руко-



Рис. 1



Рис. 2

водителя ТЭЦ-27, подключенным к общестанционной вычислительной сети, мультимедиапроектором и экраном, которые позволяют на качественно новом уровне в максимально доступной форме донести до слушателей основы построения и функционирования современных АСУ, произвести разбор аварийной ситуации, проанализировать действия персонала при пусках-остановах оборудования. Подготовка лекций и школ-семинаров с использованием средств мультимедиа в разрезе работы филиала кафедры АСУ ТП МЭИ – первый шаг на пути организации взаимообучения “МЭИ – ТЭЦ-27” через Интернет в реальном режиме времени и по заочной форме. Наличие средств мультимедиа предоставляет студентам широкие возможности для эффективной подготовки к защитам курсовых и дипломных проектов, а преподавателям дает уникальную возможность вовлечения студентов в процесс подготовки лекционного материала.

**Технический кабинет** (рис. 3) занимает центральное место в структуре филиала. Это уникальный инструмент для решения любого рода задач – от составления технического задания и практического изучения программно-технических средств до участия студента в разработке и внедрении в эксплуатацию комплексов АСУ ТП. Он представляет собой в миниатюре модель интегрированной АСУ ТЭЦ-27 на базе ПТК “КВИНТ” и одновременно полигон для обкатки новых алгоритмов и программно-технических средств. Технический кабинет состоит из операторской, событийной и инженерной станций, контроллеров Р-210, ТСМ-51, базового и резидентного шлюзов ПТК “КВИНТ”, электроприводных задвижек, регулирующего клапана и электродвигателя 0,4 кВ, аппаратуры тестирования контроллеров и моделирования сигналов аналоговых и дискретных датчиков АСУ.

Основное назначение технического кабинета – выполнение студентами МЭИ лабораторных работ по изучению всех компонентов действующей АСУ

ТЭЦ-27, а также научно-исследовательских работ, курсовых и дипломных проектов студентов под руководством ведущих специалистов ТЭЦ-27. Одновременно технический кабинет – это учебный класс для подготовки молодых работников электроцеха и цеха АСУ и освоения новой техники.

Учебный процесс разработки и реализации АСУ осуществлен сегодня по схеме (рис. 4), предложенной специалистами ТЭЦ-27 и НИИТП еще при пуске энергоблока № 1. В перспективе, по мере укрепления материальной базы, число рабочих мест будет увеличено до 6 – 8, что соответствует числу параллельно работающих бригад при разработке и создании реальной АСУ энергоблока. Дополнительно планируется дооснащение лабораторного стенда двумя контроллерами Р-210 (310) с базовыми шлюзами, контроллером ТКМ-51 с компьютером резидентного шлюза и с комплектом тестирования программно-аппаратных средств для изучения принципов разработки и отладки программно-логического управления оборудованием энергоблоков и химводоочистки и построения интегрированных АСУ.

Для изучения и выполнения лабораторных работ по электрической части АСУ необходимо при-



Рис. 3



Рис. 4

обретение контроллера БАРС и терминала электрических защит АББ SPAC в комплекте с соответствующими резидентными шлюзами. В настоящее время лабораторный стенд оборудован операторской и событийной станциями, на которых дополнительно установлено программное обеспечение инженерной станции, станции подготовки баз данных и архивной станции ПТК "КВИНТ".

Лабораторный практикум студентов включает: изучение аппаратной части АСУ ТП, приобретение навыков калибровки информационно-измерительных каналов, наладки и тестирования программно-аппаратных средств АСУ, работы со средствами проектирования АСУ ТП.

Научно-практическая работа студентов охватывает следующий спектр задач: тестирование новых версий программного обеспечения АСУ; входной контроль и отладка программно-аппаратных средств; разработка программного обеспечения для тренажеров, обучающих и расчетных программ, справочно-информационной системы для оперативного персонала; освоение сетевых технологий с учетом особенностей современных энергообъектов, заполнение списков сигналов для АСУ ТП и баз данных по оборудованию для АСУ ТП.

Несмотря на относительно короткий срок существования филиала кафедры на ТЭЦ-27 получен целый ряд положительных итогов. Существенно увеличилось число студентов, прошедших

практическую подготовку на ТЭЦ-27. Только в 2001 г. 48 студентов младших курсов специализации АСУ ТП и электрооборудование ТЭС – АЭС прошли производственную и преддипломную практику на ТЭЦ-27. По тематике совершенствования АСУ ТЭЦ-27 выполнены и успешно защищены пять курсовых и три дипломных проекта, один из которых удостоен первой премии на конкурсе, проведенном Мосэнерго, а также проведен цикл ознакомительных экскурсий для студентов и преподавателей кафедры.

Профессорско-преподавательским составом кафедры АСУ ТП совместно с ведущими специалистами ТЭЦ-27 выполнен ряд научных исследований по разработке методики расчета показателей оперативной загруженности машинистов энергоблоков и анализа показателей надежности АСУ ТП, в которых научно обоснованы целесообразность существующего 12-часового графика рабочих смен для оперативного персонала и управления одним оператором двумя блоками ТЭЦ-27, разработана, опробована и внедрена программа анализа показателей надежности АСУ ТП, на основании которой аспирантом МЭИ защищена кандидатская диссертация.

Для персонала ТЭЦ-27 преподавателями кафедры прочитаны курсы лекций по теории построения интегрированных АСУ, логическим системам управления и теории эксперимента, кото-

рые не только способствуют расширению технического кругозора специалистов ТЭЦ, но и дают теоретическую основу тем производственным приемам, которые они применяют при эксплуатации программно-технических средств и разработке технических решений по совершенствованию АСУ. На основе прочитанных лекций изданы два научно-технических пособия "Логические системы управления" и "Теория и практика построения АСУ тепловых электростанций". Оба пособия используются для учебно-методического обеспечения процесса подготовки нового и повышения квалификации работающего эксплуатационного персонала, опубликованы две статьи.

С участием специалистов ТЭЦ-27 и преподавательского состава МЭИ проведены 40-часовые курсы повышения квалификации начальников цехов и специалистов по АСУ филиалов Мосэнерго.

Научно-исследовательская направленность филиала с включением в его работу ведущих специалистов ТЭЦ-27 реализована в выполнении ряда актуальных для ТЭЦ-27 и Мосэнерго тем НИОКР, по которым:

для различных режимов работы определены динамические характеристики энергоблока 80 МВт по основным каналам регулирующих и возмущающих воздействий для последующего использования в задачах, решаемых АСУ ТП ТЭЦ-27, и обучающих системах подготовки персонала;

для расчетной станции ПТК "КВИНТ" (версии 4) разработано программное обеспечение по оптимизации работы автоматической системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара и экономичности процесса горения в топке котла ТГМЕ-464;

разработан алгоритм коррекции измеряемых параметров в программах обработки результатов балансовых расчетов (ТЭП) для АРМ ПТО и успешно опробован в части коррекции с наперед заданной точностью сходимости расчетов КПД энергетических и водогрейных котлов по прямому и обратному балансам;

выполнена комплексная сравнительная оценка влияния различных параметров теплоэнергетического оборудования на работоспособность и экономическую эффективность работы энергоблоков;

в части разработки и реализации интегрированных технологий интеллектуальной обработки данных и создания автоматизированной подсистемы поддержки и принятия решений в АСУ ТЭЦ-27 построены путем декомпозиции по основным и вспомогательным видам деятельности концептуальная модель и иерархическая структура капитальных и эксплуатационных затрат и определена операционная платформа (СУБД Oracle) для построения базы данных по капитальным и эксплуатационным издержкам ТЭЦ.

Для эффективного функционирования филиала кафедры и решения текущих и перспективных во-

просов применяются следующие формы организации работы: постоянные встречи руководства ТЭЦ-27 и кафедры АСУ ТП, ежеквартальные технические советы преподавательского состава филиала кафедры, периодическое рассмотрение вопросов филиала кафедры как на заседаниях кафедры АСУ ТП в МЭИ, так и на совещаниях руководящего состава ТЭЦ-27.

Учебно-методическая направленность филиала представлена ежегодным 100-часовым курсом лекций:

локальные АСР энергооборудования ТЭЦ-27 (типовые и реализованные на ТЭЦ-27 АСР, направления и варианты модернизации) – 40 часов;

наладка и оптимизация локальных АСР на базе ПТК "КВИНТ" (существующие и новые методы) – 40 часов;

диагностические подсистемы АСУ ТЭС (существующие и перспективные варианты) – 20 часов.

Тематика лекционных курсов ежегодно корректируется в соответствии с планами и приоритетами развития ТЭЦ-27. По лекционным курсам филиалом кафедры ежегодно выпускаются два научно-технических пособия по актуальным вопросам теории и практики построения современных АСУ.

В течение года на ТЭЦ-27 проводятся обычно две (производственные и преддипломная) практики студентов кафедры АСУ ТП и электрооборудование ТЭС – АЭС, на которых студенты под руководством ведущих инженерно-технических работников ТЭЦ знакомятся с архитектурой и составом технических средств АСУ ТЭЦ-27, методиками их технического обслуживания, ремонта и настройки, организационной структурой и задачами цеха АСУ на электростанции. Живой блеск в глазах студента при знакомстве с новейшим оборудованием, четкость и лаконичность ответов на итоговых зачетах – лучшая награда работникам филиала за их вклад в дело профессиональной подготовки молодого поколения российских энергетиков и лишнее подтверждение в правильности выбранного пути.

Курс "Введение в специальность" на кафедре АСУ ТП МЭИ начинается, как правило, с обзорной экскурсии студентов первых курсов на ТЭЦ-27. Ее значение для первокурсника огромно для понимания сути, важности и оценки правильности выбора своей будущей специальности. В течение года на ТЭЦ обычно проводятся 8 – 10 обзорных экскурсий для студентов и преподавателей ТЭЦ. Для наиболее полного усвоения материала экскурсии сопровождаются просмотром мультимедиа фильмов по истории создания, архитектуре построения и составу технических и программных средств.

Научно-исследовательская направленность филиала кафедры в настоящее время реализуется в разработке, в соответствии с концепцией развития интегрированной АСУ ТЭЦ-27, ряда актуальных

для ТЭЦ-27 тем НИОКР по расширению состава ее функций, которые включают в себя:

разработку диагностических систем контроля и управления на базе ПТК "КВИНТ" энергооборудования ТЭЦ-27;

разработку подсистемы оптимизации распределения электрической и тепловой нагрузки ТЭЦ Мосэнерго между энергоблоками и водогрейными котлами в режиме советчика оператору и в режиме управления на базе ПТК "КВИНТ";

разработку и внедрение алгоритма коррекции результатов общестанционных измерений ТЭЦ с использованием материальных и тепловых балансов;

разработку подсистемы управления эксплуатационными затратами на ТЭЦ-27 на основе экспериментальных технологий и интеллектуальной обработки данных;

разработку алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной настройки регуляторов на базе ПТК "КВИНТ" (версия 5).

Актуальность тематики НИОКР обусловлена прежде всего тем, что выполнение этих работ позволит: вплотную подойти к автоматизации планирования энергомонтов по фактическому состоянию оборудования; внедрить подсистему автоматизации распределения диспетчерского графика электрической и тепловой нагрузки станции между энергоблоками и водогрейными котлами по критерию минимума суммарного расхода топлива ТЭЦ; автоматически сводить балансы ПТО до допустимых значений и диагностировать частичные отказы средств измерений в случаях, когда погрешность измерения превышает свое допустимое значение; осуществлять автоматизированный контроль и регулирование издержек ТЭЦ с целью их уменьшения до разумных пределов и улучшения структуры себестоимости вырабатываемой электрической и тепловой энергии; внедрить на рабочем месте инженера-автоматчика алгоритм и программное обеспечение автоматизированной настройки регуляторов с использованием моделей систем регулирования температуры перегретого пара и экономичности процесса горения.

Для выполнения НИОКР наряду с сотрудниками МЭИ широко привлекаются студенты и аспиранты кафедры АСУ ТП в качестве непосредственных исполнителей совместно с персоналом ТЭЦ-27. Тематика НИОКР составляет основу курсового и дипломного проектирования студентов кафедры. Не может быть лучшей оценки при защите студенческих проектов, чем внедренная в состав АСУ ТЭЦ-27 разработка, при непосредствен-

ном участии будущего инженера по автоматизации. Все это вселяет уверенность в большом будущем филиала.

Несмотря на недостаток технических средств, благодаря энтузиазму ведущих специалистов ТЭЦ-27 и МЭИ филиал кафедры АСУ ТП живет и действует, внося свой вклад в дело подготовки кадров для российской энергетики. Проблемы, с которыми сталкивается филиал в своей работе, связаны в основном с расширением материальной базы для создания дополнительных рабочих мест для студентов, подготовки новых лабораторных работ, обучения через Интернет и др. Безусловно, не все проблемы могут быть решены, но они решаемы и коллектив филиала постоянно работает над ними.

Немало внимания коллективом филиала уделяется повышению эффективности и усилению учебно-методической и научно-технической деятельности, а также вопросам перспективного развития организационной и технической структуры. Так, проведение курсов повышения квалификации специалистов, обслуживающих ПТК "КВИНТ" с участием филиала кафедры, должно носить не единичный, а системный характер и проводиться минимум 2 – 3 раза в год. При филиале кафедры на ТЭЦ-27 под эгидой службы тепловой автоматики (СТА) Мосэнерго планируется организовать постоянно действующие технические семинары по проблемам эксплуатации ПТК "КВИНТ", которые имеют место на электростанциях Мосэнерго.

Предполагаемое включение в состав филиала кафедры АСУ ТП кафедры электрических станций МЭИ, преподаватели и сотрудники которой неформально тесно сотрудничают с персоналом электрического цеха ТЭЦ-27 по совершенствованию информационного сопровождения АСУ – ЭЛЕКТРО, придаст новый импульс работе и вольет в состав филиала свежие кадры и новые идеи на пути совершенствования АСУ и подготовки молодого поколения энергетиков.

## Выход

Опыт работы, сложившиеся формы и методы сотрудничества коллектива филиала кафедры АСУ ТП и ТЭЦ-27 показывают надежность и перспективность отношений между наукой и производством. Совместными усилиями создана возможность для плодотворного сотрудничества, которое будет продолжаться и развиваться. Не вызывает сомнений, что тесное сотрудничество ученых и производственников будет определять подъем российской энергетической отрасли.

## ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

### Технология сжигания в циркулирующем кипящем слое

Лундквист Р. Г.

**Компания “Фостер-Уиллер”, Финляндия**

Технология циркулирующего кипящего слоя (ЦКС) применялась в нефтехимической промышленности уже в первой половине XX в. Однако внедрение ее в энергетических установках было не просто переносом известного применения. Первый шаг был сделан в середине 70-х годов. Использование технологии пузырькового кипящего слоя (КС) было вполне приемлемо для систем, сжигающих низкокачественное топливо, такое, например, как отходы лесопереработки, шламы и т.п. Оно отчасти было инициировано энергетическим кризисом начала 70-х годов. Было установлено, что в КС это топливо можно эффективно сжигать, поддерживая небольшие газовые выбросы.

Чтобы расширить диапазон топлива, рассматривалось сжигание угля в котлах с КС. Оказалось, однако, что низкореакционное топливо трудно сжигается в КС. Недожог оставался высоким, а регулирование температуры и выбросов было затруднено. В поисках лучших систем сжигания была предложена идея увеличить скорость ожигания, усилить турбулизацию и смешение частиц для улучшения выжига углерода и связывания серы. Рост скорости приводит к увеличению выноса частиц из слоя. Их необходимо возвращать в топку для поддержания процесса ожигания. Естественно было использовать циклон для улавливания улетающих частиц и возврата их в нижнюю часть топочной камеры. Все это и было основой технологии ЦКС для сжигания топлива.

Компания “Фостер-Уиллер” является пионером в применении технологии кипящего слоя для производства энергии и первой использовала в середине 70-х годов ЦКС для сжигания, когда была пущена pilotная установка. Первая коммерческая установка, пущенная в 1979 г., представляла собой маленький промышленный котел электрической мощностью 5 МВт. Затем

технология широко использовалась в промышленности, особенно для установок с комбинированным производством тепла и электроэнергии. В последние 10 лет доля энергетических котлов в поставках возрастает. Сейчас сооружается установка электрической мощностью 300 МВт. Эти два котла расположены в Джексонвилле, штат Флорида, США (“Jacksonville Energy Authority”) и предназначены для сжигания нефтяного кокса и угля. Рост мощности по годам и число поставленных котлов показаны на [рис. 1](#).

Компания “Фостер-Уиллер” – лидер на рынке технологий ЦКС ([рис. 2](#)). Она делает все возможное для сохранения своей передовой позиции, чтобы далее идти вперед в развитии технологии и проектных решений.

**Принцип технологии кипящего слоя и конструкции первого поколения.** Технологии КС и ЦКС основаны на одном и том же принципе. Воздух вдувается в топочную камеру, где размещается сформированный золой, топливом и известняком слой, который ожигается этим воздухом. Псевдоожижение вызывает турбулентное перемешивание, повышающее эффективность сжигания топлива, и реакции известняка с диоксидом серы, образовавшимся при окислении серы топлива. В пузырьковом слое скорость воздуха и образующихся в топочной камере дымовых газов низкая (менее 2 м/с) и границу слоя можно наблюдать визуально.

Турбулентность достаточна для удовлетворительного сжигания высокореакционного топлива, но не угля. В циркулирующем кипящем слое скорость составляет около 5 м/с и материал слоя выносится в верхнюю часть топочной камеры. Для возврата этого материала в топку устанавливают сепаратор, а уловленный в нем вынесенный из слоя материал возвращают в

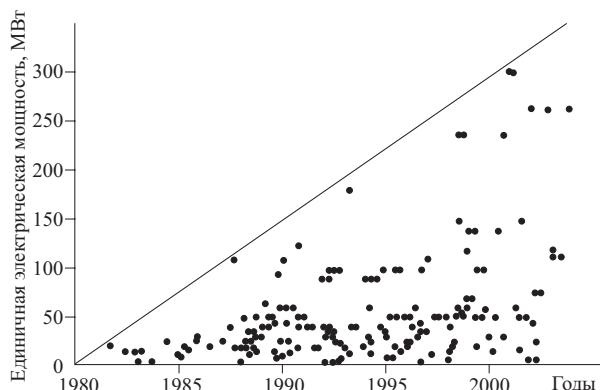


Рис. 1. Хронология развития технологии ЦКС и числа выпущенных (проданных) компанией “Фостер-Уиллер” котлов

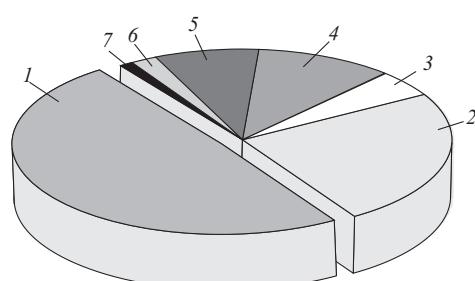
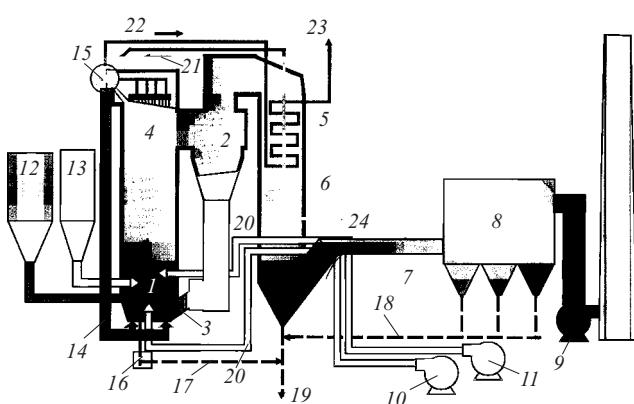


Рис. 2. Доля различных изготовителей на рынке котлов с ЦКС, определенная по электрической мощности:

1 – 47% “Фостер-Уиллер”; 2 – 26% “Альстом Паузер”; 3 – 5% “Бабок Борзиг”; 4 – 11% “Лурги Лентьес”; 5 – 8% “Кварниер”; 6 – 2% “Бабок-Вилькоукс”; 7 – 1% прочие



**Рис. 3. Схема первого поколения котлов с ЦКС:**

1 – топка с кипящим слоем; 2 – горячий циклон; 3 – затвор; 4 – водоохлаждаемые экраны; 5 – перегреватель; 6 – экономайзер; 7 – выходной газоход; 8 – электрофильтр; 9 – дымосос; 10 – вентилятор первичного воздуха; 11 – вентилятор вторичного воздуха; 12 – топливо; 13 – известняк; 14 – опускная труба; 15 – барабан; 16 – охладитель золы; 17 – донная зора; 18 – летучая зора; 19 – вывод золы; 20 – воздух; 21 – вода; 22 – пар; 23 – выход пары; 24 – питательная вода

нижнюю часть топочной камеры. Так образуется контур циркуляции твердых частиц, который и дал название технологии. Преимуществами технологии ЦКС являются:

нечувствительность к видам топлива (топливо, сильно различающееся по составу, может сжигаться в одном и том же котле);

небольшие выбросы:  $\text{SO}_2$  (связываемого с помощью известняка, который подается в слой),  $\text{NO}_x$  (благодаря низкой температуре горения и ступенчатому сжиганию),  $\text{CO}$  и  $\text{HC}$  (благодаря интенсивному перемешиванию топлива и газа);

способность быстро воспринимать изменения нагрузки;

возможность глубокой разгрузки котла;

возможность сжигания низкосортного топлива без загрязнения и шлакования;

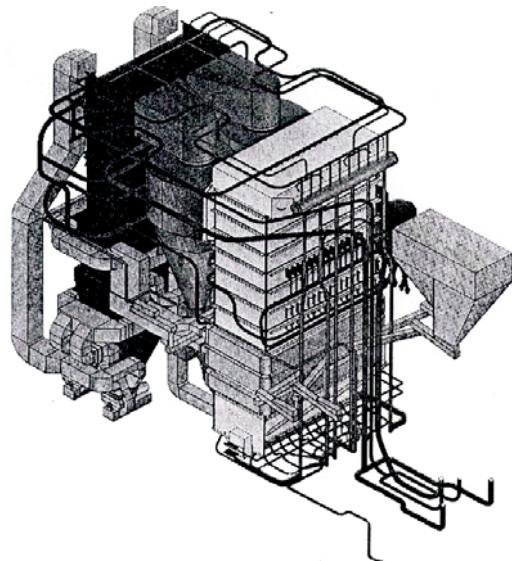
отсутствие потребности в размоле топлива.

В конструкциях первых топок с ЦКС были применены мембранные трубные испарительные панели. Циклоны для возврата в топочную камеру вынесенного материала выполнялись с внутренней обмурковкой (рис. 3).

Данная конструкция являлась стандартной с конца 70-х до начала 90-х годов и до сих пор иногда используется. Она применена для сооружения примерно 140 котлов. Наиболее крупные из них построены на блоках 1, 2 и 3 ТЭС “Туров” в Польше. Некоторые сведения об этих блоках, электрическая мощность которых составляет 235 МВт, и о буром угле, используемом в них в качестве топлива, приведены далее.

Параметры пара:

тепловая мощность, МВт	529
расход, т/ч	665/593
давление, МПа	13,2/2,5



**Рис. 4. Общий вид котла для первой очереди реконструкции ТЭС “Туров”**

температура, °C	540/540
-----------------	---------

Топливо:

влажность, %	44
зольность, %	22,5
содержание серы, %	0,6
низшая теплота сгорания, кДж/кг	8250

Из-за высокой влажности топлива отношение расхода дымовых газов к расходу пара велико, а габариты котлов являются наибольшими в мире. Общий вид котла показан на рис. 4.

Котлы состоят из водоохлаждаемой топки, легкофутерованного циклона и традиционной конвективной шахты с охлаждаемыми паром ограждениями, с паро-перегревателем третьей ступени, промперегревателями второй ступени и промперегревателем первой ступени. Имеются также экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель. В топке размещены по 14 омега-панелей и ширм пароперегревателя свежего пара. Уголь подается по течкам через отверстия в экранах нижней части топки. Известняк вводится с помощью двух систем подачи. Котел оборудован 10 пусковыми мазутными горелками. Донная зора отводится с помощью водоохлаждаемых шнеков и охладительной золы. Ограничения по площади вынудили использовать в кotle два циклона значительно большего диаметра, чем освоенные ранее. Схема с тремя циклонами потребовала бы невозможного в имевшемся корпусе увеличения ширины котельной.

На энергоблоках, оснащенных циклонами большого диаметра, были получены, как показано в табл. 1, все гарантитные показатели. Перед сдачей в эксплуатацию каждый котел прошел 30-дневные сдаточные испытания. Они были проведены на котлах 1 и 2 в мае – июне 1999 г., на котле 3 – в ноябре 2000 г.

Были выполнены также требования Объединенной европейской энергосистемы (UCPTE), являющиеся стандартом для ее электростанций по изменению нагрузки и диспетчеризации электростанции. На всех

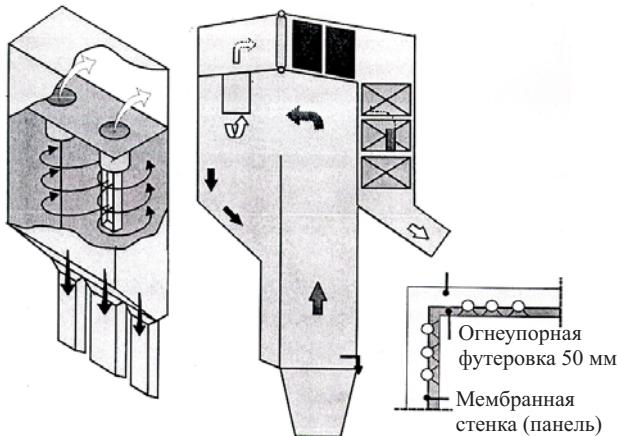


Рис. 5. Концепция котла с ЦКС "Компакт" фирмы "Фостер-Уиллер"

блоках были выполнены жесткие условия сдаточных испытаний и продемонстрирована способность крупнейших котлов с ЦКС полностью отвечать требованиям рынка, предъявляемым к работе в циклических режимах, и успех укрупнения топочного циркуляционного контура на основе моделирования ранее освоенных котлов.

Сдаточный прогон и испытания для определения показателей подтвердили следующее: котлы с ЦКС полностью отвечают критериям UCPTE; гарантийные параметры выдержаны в широком диапазоне нагрузок; полная мощность достигнута без каких-либо проблем; выбросы точно соответствовали гарантированным значениям; котлы способны работать в широком диапазоне нагрузок; обеспечена гарантированная готовность электростанции. Результаты тепловых испытаний подтвердили предположения, принятые при проектировании, а полученные показатели отвечают требованиям контракта.

**Конструкции котлов с ЦКС второго поколения.** Хотя конструкция котлов с футерованными циклонами доказала свою эффективность, компания "Фостер-Уиллер", всегда стремящаяся улучшить выпускаемую про-

дукцию и укрепить лидирующие позиции на рынке, продолжила их развитие. Футерованные циклоны требовали обслуживания и вызывали иногда неплановые остановы. Футеровка является частью системы котла, которая требует постоянного обслуживания, так как она может растрескиваться. Кроме того, соединение между мембранными ограждениями топки и футерованными циклонами требует установки компенсаторов для восприятия разницы их тепловых расширений при работе. Эти компенсаторы оказались чувствительными к воздействию горячих твердых частиц, вызывавшему появление утечек, также приводивших к вынужденным остановам. Футерованные циклоны, кроме того, продляют время пуска. Они занимают относительно много места и требуют увеличения размеров котельной ячейки.

Вместо футерованных возможно применение цилиндрических охлаждаемых циклонов с мембранными стенками. Такая конструкция использовалась в некоторых котлах, но оказалась слишком дорогой. Стояк для возврата материала слоя в этих случаях выполнялся футерованным, вследствие чего сохранялись некоторые старые недостатки. Использование охлаждаемых циклонов также не приводит к существенному уменьшению габаритов.

Для того, чтобы устранить отмеченные негативные особенности, компания "Фостер-Уиллер" в начале 90-х годов разработала новую концепцию котла с ЦКС, в которой сепаратор частиц интегрирован в топочную камеру. Эта конструкция, иногда называемая "компакт-дизайн", показана на рис. 5. Она имеет по сравнению с традиционными системами следующие преимущества:

меньшие футеровки в системе, пониженные затраты на обслуживание;

короче время пуска благодаря меньшей чувствительности к изменению температуры футеровки;

нет компенсаторов между топкой и сепаратором;

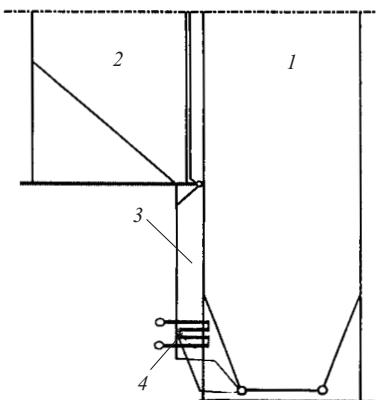
меньше котельные ячейки, что может быть важным при реконструкции, с установкой нового котла в существующей котельной.

Таблица 1

Результаты эксплуатации котлов 1, 2 и 3 ТЭС "Туров"

Параметр	Номер котла			
	1	2	3	Проект
Расход пара, кг/с	184,06	183,62	186,85	185,4
КПД котла, %	90,12	91,27	91,00	
Тепловая мощность, МВт	524,9	523,1	531,6	
Электрическая мощность брутто, МВт	237,8	240,5	236,9	
Удельный расход тепла, кДж/(кВт ч)	9686	9472	9604	
Вредные выбросы:				
NO <sub>x</sub> , г/ГДж	< 150	< 150	< 150	< 150
SO <sub>2</sub> , г/ГДж	< 140	< 140	< 140	< 140
пыль, мг/м <sup>3</sup> (в нормальных условиях)*	17,5	3,5	6,0	50
Уровень шума, дБА	85	85	85	85

\* Здесь и далее нормальные условия при температуре 0°C и давлении 101,3 кПа.



**Рис. 6. Принципиальная схема установки теплообменников INTREX:**

1 – топка; 2 – сепаратор; 3 – стояк для возврата материала слоя; 4 – встроенный теплообменник INTREX

“Компакт-дизайн” может сейчас рассматриваться как второе поколение котлов с ЦКС. Эта конструкция стала стандартной, и более чем 40 котлов уже работают или сооружаются по такому проекту. Наиболее крупные из находящихся в эксплуатации размещены на электростанции с двумя блоками по 150 МВт (эл.) в Таиланде. Еще более крупные котлы сейчас монтируются на электростанции “Туров” в Польше в рамках третьей фазы реконструкции электростанции. Контракт на 660 млн. дол. на реконструкцию, включающий блоки 4, 5 и 6, был подписан в декабре 1999 г.

Для котельной был выбран “компакт-дизайн” с учетом повышения электрической мощности до значения 261,6 МВт (в фазах 1 и 2 – 235 МВт) при тех же ограничениях в габаритах, соответствующих ранее установленным на ТЭС старым пылеугольным котлам блоков 200 МВт. Блоки 4, 5 и 6 спроектированы компанией “Фостер-Уиллер” для сжигания бурого угля и работы с постоянным давлением и естественной циркуляцией при максимальном расходе пара 195,6 кг/с. Основные проектные данные по пароводяному тракту котлов даны в табл. 2.

Расчетный КПД котла равен 91% по низшей теплоте сгорания и температуре уходящих газов до 130°C (для блоков 1, 3 – 157°C). Снижение выбросов в кotle с ЦКС достигается вследствие низкой температуры сжигания и равномерного профиля температур по высоте топки, ступенчатого сжигания, длительного времени пребывания топлива в топке и хорошего его перемешивания.

Дальнейшее снижение выбросов в соответствии с будущими требованиями Европейского сообщества может быть легко выполнено с минимальными дополнениями. Например, для выполнения норматива по выбросам NO<sub>x</sub> 200 мг/м<sup>3</sup> в нормальных условиях можно дополнительно установить простую систему впрыска в сепараторы слабого водного раствора аммиака. Уменьшение выбросов диоксидов серы может быть обеспечено увеличением расхода известняка в топку или активацией золы.

Блоки будут удовлетворять требованиям UCPTE и PSE (Польская электросетевая компания), касающимся их эксплуатации в сети, и будут способны работать в режиме регулирования нагрузки. Проектный диапазон стабильной работы без использования вспомогательного топлива – от 40 до 100% номинальной нагрузки. Номинальная температура пара поддерживается при 60 – 100% полной нагрузки. Увеличение мощности блока было достигнуто благодаря повышенным параметрам пара, применению концепции “компакт-дизайн”, установке теплообменников типа INTREX и вращающихся воздухоподогревателей. Работы по демонтажу старых пылеугольных котлов начались в январе 2000 г. с блока № 5, их окончание предварительно намечено на февраль 2003 г.

Гарантированные выбросы (в миллиграммах на кубический метр) в нормальных условиях при содержании кислорода 6% на сухие газы следующие: 371 NO<sub>x</sub>, 347 SO<sub>x</sub>, 150 CO и пыли 50.

**Теплообменники INTREX.** Одновременно с развитием котлов по схеме “компакт-дизайн” компания “Фостер-Уиллер” разработала новую конструкцию теплообменников, встроенных в тракт возврата золы из сепараторов в топку (рис. 6). Такие теплообменники, названные INTREX, являются одной из характерных особенностей котлов фазы 3 на ТЭС “Туров”. В них используется тепло горячего материала слоя, например, для перегрева свежего пара.

Система этого типа является эффективным пароперегревателем, особенно привлекательным в котлах, сжигающих топливо с повышенным содержанием хлора, и в наиболее мощных энергетических котлах. При увеличении содержания хлора в топливе возрастает риск высокотемпературной коррозии традиционного пароперегревателя, вызываемой хлоридами щелочных металлов, имеющихся в дымовых газах. Зольный пароперегреватель INTREX может заменить перегреватель в топке или в конвективной шахте, так что наибольшая часть коррозионно-агрессивных газовых компонентов

Таблица 2

Проектные данные для фазы 3 котла с ЦКС “компакт-дизайн” компании “Фостер-Уиллер”

Параметр	Свежий пар	Питательная вода	Промперегрев	
			горячий	холодный
Расход, кг/с	195,5	195,5	180,7	180,7
Давление, МПа	16,65*	~ 20,0	3,85*	4,20**
Температура, °C	565*	250	565*	357**

\* Перед турбиной.

\*\* На выходе из турбины.

будет контактировать с имеющими высокую температуру трубами пароперегревателя.

Может быть много вариантов использования теплообменника INTREX. Он может заменять пароперегреватели, расположенные в топке или в конвективной шахте, или быть частью испарителя с более эффективной теплопередающей поверхностью. При повышении мощности котлов с ЦКС тепловосприятие материала в контуре рециркуляции, которого необходимо достичь, растет быстрее, чем поверхность топочных экранов. Преодолеть возникающие вследствие этого трудности можно путем использования встроенного теплообменника в качестве части необходимой для охлаждения топки поверхности.

Устройство теплообменника создает также средство для управления теплоотдачей, которое позволяет контролировать температуру в топке для снижения вредных выбросов и оптимизации горения в широком диапазоне нагрузок или при сжигании топлива с различной теплотой сгорания. Более того, эта система при использовании в качестве пароперегревательной поверхности также позволяет обеспечить номинальную температуру свежего пара при более низких по сравнению с традиционной конструкцией нагрузках. Сейчас устройство теплообменников INTREX является стандартным решением для крупных котлов с расположением в них поверхностей пароперегревателя свежего пара или промперегревателя. Примером такого решения являются котлы для реконструкции фазы 3 ТЭС “Туров”.

**Увеличение единичной мощности.** В компании “Фостер-Уиллер” к вопросам увеличения единичной мощности относятся взвешенно и консервативно, поэтому результаты оказываются вполне успешными. Хронология роста единичной мощности показана ранее (см. [рис. 1](#)). Увеличение мощности не может быть выполнено без постоянных и последовательных усилий, направленных на изучение всех аспектов конструкции и характеристик, а также на улучшение существующих решений. Эта философия сделала возможным применение технологии ЦКС для мощных энергетических блоков. Вместе с тем, относительно мощные котлы с ЦКС пока еще малы по сравнению с наиболее крупными пылеугольными котлами блока 1300 МВт (эл.). Однако, так как в механической части и конструкции они очень похожи на традиционные пылеугольные, многое из того, что хорошо изучено при увеличении мощности последних до их сегодняшних крупнейших размеров, может и должно быть, минимизируя риск, использовано при увеличении мощности котлов с ЦКС.

Котел с ЦКС, как показано на [рис. 3](#) и [5](#), состоит из котельной части (топка, сепаратор, конвективная шахта), систем подачи и отвода твердых материалов, подачи воздуха и другого вспомогательного оборудования. Все они должны функционировать надлежащим образом, обеспечивая требуемые характеристики и надежность. Большая часть оборудования крупных размеров, используемого в котлах с ЦКС, уже проверена на котлах других типов и, следовательно, не требует дополнительного увеличения. К их числу относятся:

металлоконструкция топки;

конструкция конвективной части;  
оборудование систем подготовки твердых материалов (дробилки, питатели, конвейеры и др.);  
тягодутьевое оборудование (вентиляторы, компрессоры, газоходы и др.);  
вспомогательное оборудование (обдувочные аппараты, горелки, арматура).

Имеются очевидные преимущества использования существующих и проверенных технологий и компонентов, но есть также области в проектировании котлов с ЦКС, которые при увеличении мощности требуют более детального рассмотрения. Ими являются, в первую очередь, конфигурации и размеры топки и сепаратора. Рассмотрения при проектировании требуют пять основных аспектов: тепловосприятие, распределение и проникновение воздуха, раздача топлива и твердых материалов. Эти аспекты проектирования зависят от следующих физических параметров:

высота топки;  
глубина топки;  
число вводов топлива;  
число течек возврата материала, уловленного в циклонах;

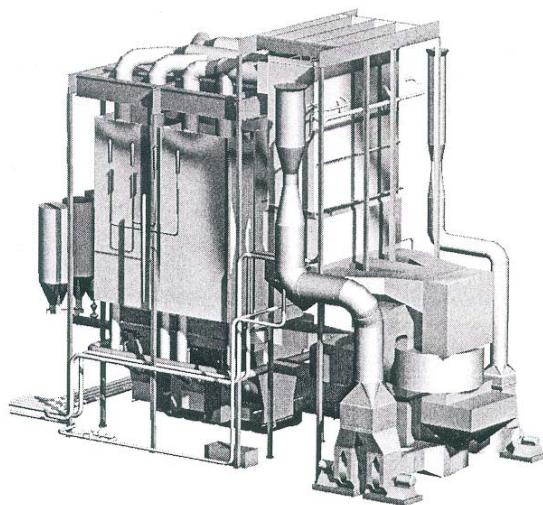
число и размещение вводов воздуха;

диаметр циклона.

В кotle с ЦКС тепло к экранам топки передается в основном за счет циркулирующего материала, плотность потока которого снижается по высоте топки. Так как соотношение поверхности к объему топки уменьшается с ростом размеров котла, первым мероприятием, компенсирующим это, должно быть увеличение высоты топки. Однако применение топок существенно более высоких, чем проверенные на опыте, связано с дополнительным риском, так как результирующая плотность потока материала и, следовательно, теплоотдача неизвестны. С учетом этого в котлах компании “Фостер-Уиллер” высота топки ограничена значениями, близкими к проверенным на практике, чтобы быть уверенным, что теплоотдача в топке и, следовательно, температура, расход пара, выжиг топлива и выбросы могут быть рассчитаны точно.

Для компенсации уменьшенного отношения поверхности к объему топки в больших котлах могут быть применены внутритопочные поверхности, такие, как ширмы или омега-панели, установленные в верхней части топки, или поверхности в теплообменниках типа INTREX. Расположенные в верхней части топки поверхности успешно используются более чем на 30 котлах в течение более 10 лет и наработали уже в эксплуатации более 100 блоко-лет.

Глубина топки влияет на необходимое распределение воздуха по ее сечению. Если первичный воздух распределяется через решетку в поде топки (50 – 60% общего расхода), то вторичный воздух (остальная часть расхода) подается через экраны в нижней части топки и должен проникать в плотный слой частиц. Слишком большая глубина топки будет приводить к недостатку воздуха в богатой топливом ее центральной зоне, ухудшению выжига и росту выбросов. Поэтому при повышении мощности котла глубину топки ограничивают в размерах так, чтобы обеспечить надлежащее проникновение воздуха и хорошие показатели.

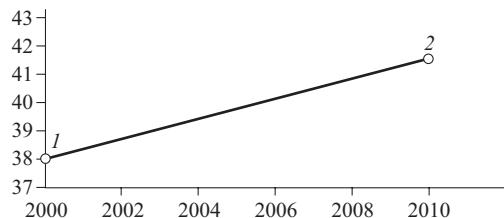


**Рис. 7. Общий вид котла с ЦКС для блока электрической мощностью 600 МВт (проект)**

Естественно, что при увеличении размеров котла ограничение глубины топки должно приводить к соответствующему расширению топки. Предельная ширина топки достигается при мощности от 300 до 400 МВт (эл.), когда габариты установки и конструкция конвективной шахты становятся непрактичными. Решение для этого случая заключается в установке двух решеток топки. Это создает возможность подачи вторичного воздуха в центр топки и увеличения ее глубины.

Число вводов топлива влияет на его распределение по сечению топки. Оно зависит, в частности, от характеристик горения топлива. Топливо с большим содержанием летучих, такое, как суббитуминозные угли и лигниты, будет быстро сгорать вблизи от вводов их в топку, используя кислород в этой зоне. Для предотвращения дефицита воздуха и образования переобогащенных топливом зон и связанного с ними снижения показателей такое топливо требует большего числа вводов, чем топливо с небольшим содержанием летучих (каменный уголь и нефтяной кокс). Эти обстоятельства необходимо учитывать при проектировании каждого котла, но особенно при проектировании котлов крупных блоков. Топливо может быть подано через столько вводов, сколько требуется, расположенных как с фронтовой, так и с задней стенок топки. Это возможно в традиционной конструкции, где топливо также подается в стояк возврата материала, и в конструкции "компакт-дизайн", где топливо вводится между стояками возврата, которые интегрированы с топочной камерой.

Число линий возврата твердых частиц из сепаратора может влиять на боковой профиль плотности потока материала внутри топки. Небольшое число вводов возврата ведет к росту концентрации материала в зонах ввода возврата и увеличивает возможность эрозии. При подаче топлива в стояки возврата распределение топлива определяется их числом. Число вводов возврата может быть увеличено в традиционной конструкции применением запатентованных двойных течек возврата с двумя линиями отвода золы от каждого циклона. В варианте "компакт-дизайн" вследствие интегральной



**Рис. 8. Развитие котлов с ЦКС с повышением параметров пара:**

1 – 16,8 МПа/540°C с одним промперегревом; 2 – 31 МПа/650°C с двойным промперегревом

компоновки возврат может быть разбит на еще большее число вводов.

Котлы с ЦКС "компакт-дизайн" являются трамплином к увеличению единичной мощности в результате их компактности и возможности модульного исполнения. Это означает, что сепараторы и части топки отработанных размеров могут быть использованы в более крупных блоках. Мощность увеличивается за счет применения хорошо известных элементов. С использованием такого подхода вполне возможны проекты электрической мощностью до 600 МВт. Общий вид котла для такого блока показан на [рис. 7](#). Он оборудован интегрированными теплообменниками и сепараторами системы "Компакт", которые формируют единую топку, разбитую на два модуля.

**Следующий шаг: прямоточные котлы со сверхкритическими параметрами пара.** С тех пор, как технология ЦКС начала продвигаться на рынок крупных энергетических блоков, где наиболее важным является увеличение экономичности цикла, была изучена возможность их работы при сверхкритическом давлении пара. В дополнение к повышению экономичности и снижению затрат на топливо установки со сверхкритическими параметрами дают природоохранный выигрыш в виде снижения удельных выбросов диоксида углерода (парниковый эффект) и снижению эмиссии  $\text{SO}_x$  и  $\text{NO}_x$  (кислотные дожди).

Использование прямоточного котла на сверхкритическое давление пара и технологии ЦКС сочетает преимущества обоих и очень привлекательно. Достигаемое при переходе от котлов с естественной циркуляцией к прямоточным со сверхкритическими параметрами повышение КПД энергоблоков иллюстрируется [рис. 8](#). На нем показано также, к какому времени сверхкритические параметры станут обычными. Повышение КПД составит как минимум 3%.

В установках с естественной циркуляцией давление пара регулируется с помощью расхода сжигаемого топлива. Температура перегретого пара определяется требуемыми размерами теплообменной поверхности пароперегревателя и регулируется впрыском воды. В прямоточной установке питательный насос будет давать расход пара, а температура перегретого пара управляться с помощью расхода сжигаемого топлива.

При проектировании прямоточного котла важно избежать перегрева экранных труб топки при неравномерном тепловосприятии и ограничить температурные развертки между соседними трубами. Этого можно добиться путем проектирования топочных экранов с вы-

сокими массовыми скоростями среды, что вызывает, однако, большие потери давления и, следовательно, увеличивает затраты электроэнергии на собственные нужды.

Причиной трудностей является то, что при прямоточном движении наиболее нагретые трубы будут иметь уменьшенный расход из-за увеличения потерь давления на трение, составляющих значительную долю суммарных потерь давления. Высокие тепловые нагрузки при пониженных расходах могут вызвать рост температуры пара, следовательно, температуры металла труб и их повреждение. Для обеспечения высоких массовых скоростей испарительные экраны топки проектировались много- или одноходовыми со спиральной навивкой. Однако спиральная навивка неприменима для блоков с ЦКС, так как не защищенные футеровкой трубы подвергались бы эрозии.

Современные конструкции прямоточных котлов Бенсона выполняются с экранированием топки вертикальными трубами с небольшими массовыми скоростями и простым одноходовым вертикальным движением среды. Это позволяет безопасно работать со скользящим давлением пара на всех эксплуатационных режимах без перегрева труб.

Показанный на [рис. 7](#) котел с ЦКС спроектирован с вертикальными панелями Бенсона и “компакт-дизайном” для блока 600 МВт (эл.). В нем, в частности, используются четыре двухвихревых компакт-сепаратора материала, размещенных на каждой стороне топки. Твердые частицы, выносимые из топки дымовыми газами, улавливаются с помощью сепараторов и охлаждаются в теплообменниках INTREX. Использование их в качестве пароперегревателей позволяет поддерживать в эксплуатации температуру в топке, оптимальные для сокращения выбросов, и эффективно осуществлять конечный перегрев пара.

Ограждение топки сформировано вертикальными, параллельно включенными трубами. Среда, покидающая их, проходит через полнопроходной тангенциальный сепаратор пара. Пар из сепаратора перегревается в трубах потолочного экрана топки, ограждениях компакт-сепараторов и конвективной шахты отвода тепла, в конвективных пароперегревателях в этой зоне и окончательно в теплообменниках INTREX. Промежуточный пароперегреватель размещен над экономайзером в виде последовательно расположенных пакетов. Выходная температура промежуточного перегретого пара регулируется с помощью запатентованной компанией “Фостер-Уиллер” байпасной системы. Эта задача, однако, может решаться и другими методами: например, с помощью параллельных газоходов или расположения перегревателя в теплообменнике INTREX с регулированием количества материала и процесса ожидания.

Стандартные впрыски будут всегда обеспечивать требуемое быстродействие при поддержании параметров. Котел с ЦКС с вертикальными панелями Бенсона и “компакт-дизайном” позволяет использовать преиму-

щества эксплуатации при скользящем давлении. Если давление в системе снижается, уменьшается температура насыщения, то требуются изменения температуры воды и газов в испарительной части. Эксплуатация при скользящем давлении более инерционна или смягчает изменение нагрузки. Кроме того, в котлах с ЦКС имеется определенный запас твердого материала как в топке, так и теплообменниках INTREX, и кроме того, есть обмуровка, которые также влияют на тепловую инерцию котла.

Интенсивные работы по моделированию были выполнены компанией “Фостер-Уиллер” для развития системы управления, координирующей тепловой поток к пароводяной среде в котле с нагрузкой блока. Первой задачей является поддержание требуемого соотношения количества тепла, передаваемого в пароводяной тракт, и расход питательной воды при быстрых изменениях нагрузки. В котле с ЦКС можно управлять несколькими параметрами. Это увеличивает эксплуатационную гибкость блока и облегчает выполнение требований к его динамическим характеристикам. Например, тепловосприятие может быть быстро изменено путем изменения профиля распределения материала и тепловых потоков внутри топки с помощью варьирования количества и перераспределения по зонам первичного и вторичного воздуха, поступающего в топку.

Дополнительное увеличение маневренности возможно при установке теплообменников INTREX с их уникальными регулировочными свойствами. Для того, чтобы сделать прямоточный котел с ЦКС эквивалентным или сопоставимым с обычным пылеугольным на режимах ступенчатого или линейного изменения нагрузки, можно использовать и обычные средства регулирования, такие, как запас дросселирования при работе на скользящем давлении и дросселирование пара, отбираемого на подогреватели питательной воды. Уникальным для прямоточного котла с ЦКС является нечувствительность к возмущениям по расходу топлива и его качеству вследствие стабилизирующего действия материала слоя.

В целом технология ЦКС является вполне приемлемой для прямоточных котлов со сверхкритическими параметрами пара. Такие котлы будут третьим поколением котлов с ЦКС.

Компания “Фостер-Уиллер” была лидером в технологии и на рынке котлов с ЦКС в течение всей истории их применения в электроэнергетике. Технология постоянно развивается, используя улучшенные конструктивные решения и увеличивая единичные мощности котлов для энергетических блоков. “Компакт-дизайн” и теплообменник INTREX являются хорошими примерами таких усовершенствований. Электростанция “Туров” в Польше, так же как и котлы в Джексонвилле (США), доказывает, что технология освоена для нужных энергосистемам типоразмеров. Следующим шагом в развитии технологии является переход к прямоточным котлам со сверхкритическими параметрами пара. Работы над ними уже начаты, а реализация ожидается в ближайшем будущем.

## Станислав Борисович Лошак (К 70-летию со дня рождения)

24 октября 2002 г. исполняется 70 лет Станиславу Борисовичу Лошаку. В 1956 г. после окончания Московского энергетического института С. Б. Лошак поступил на работу в котельный цех треста ОРГРЭС.

С. Б. Лошак успешно освоил современное энергетическое оборудование, стал высококвалифицированным специалистом по пуску и наладке мощных энергоблоков. При пуске головного блока 200 МВт Змиевской ГРЭС он был руководителем комплексной бригады, при проведении комплексных пусконаладочных работ на головном блоке 300 МВт закритических параметров на Черепетской ГРЭС – руководителем бригады котельщиков.

В течение нескольких лет Станислав Борисович руководил группой гидродинамики котельного цеха, принимал непосредственное участие в отраслевых работах, проводившихся на многих электростанциях, в том числе Каширской, Шатурской, Костромской ГРЭС и др.

За успехи, достигнутые при сооружении тепловых электростанций, производстве и освоении мощных энергетических агрегатов, С. Б. Лошак награжден медалью “За трудовую доблесть”.

Во время работы в Народной Республике Болгария Станислав Борисович принимал активное участие в освоении сжигания болгарских лигнитов на ТЭС “Марица-Восток-2”, в разработке технических решений и экспертизе проекта оборудования для ТЭС “Марица-Восток-3”, являлся членом комиссии по выбору оборудования для ТЭС “Марица-Восток-4”. За эти работы в Болгарии С. Б. Лошак награжден орденом “Красное знамя труда НРБ”.



В 1966 г. Станислав Борисович был назначен заместителем начальника котельного цеха ОРГРЭС, а в 1976 г. – начальником технического отдела, где осуществлял координацию подготовки ряда важных отраслевых работ, выполняемых подразделениями ОРГРЭС, участвовал в составлении последних выпусков Правил технической эксплуатации, Пособия по их изучению, сборников директивных документов и др.

В течение многих лет С. Б. Лошак был председателем комиссии по рассмотрению вопросов внедрения скользящего давления на энергоблоках, членом Технического совета Минэнерго.

Станислав Борисович успешно сотрудничает с научно-техническими энергетическими журналами в качестве автора и рецензента. С 1998 г. он является членом редакционной коллегии журнала “Электрические станции”, курируя в нем теплотехнический раздел.

С. Б. Лошак активно участвовал в общественной жизни коллектива, в течение многих лет был заместителем председателя профкома, возглавлял комиссию по трудовым спорам.

Где бы ни работал Станислав Борисович, его всегда отличали принципиальность, высокая эрудиция, внимательное отношение к людям.

Руководство и коллектив фирмы ОРГРЭС, редакционная коллегия и редакция журнала “Электрические станции” от души поздравляют Станислава Борисовича Лошака с днем рождения, желают ему благополучия, крепкого здоровья и долгих лет жизни.

**ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ**  
 Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации



Повышение квалификации и профпереподготовка руководящих работников и специалистов электроэнергетики (лиц. Минобразования РФ № 24-0050)

Тел. (095) 953-2583

<http://www.ipkgos.ru>

*Для предприятий, заключивших договор на обучение от 50 чел. в год, – скидка на обучение и проживание в благоустроенном общежитии Института составит 20%, от 30 чел. – 10% при условии своевременной оплаты*

кафедра «Ремонт и модернизация энергооборудования»

повышает квалификацию специалистов по ремонту энергетического оборудования ТЭС, ГРЭС, ПРП, по неразрушающему контролю оборудования, специалистов сварочного производства всех уровней по вопросам ремонта, восстановления, модернизации и надежности работы оборудования энергопредприятий, внедрения новых технологий и материалов, методов технической диагностики. Готовит к аттестации и аттестует специалистов сварочного производства на II и III квалификационные уровни и специалистов по неразрушающему контролю на I и II уровнях с выдачей удостоверений Госгортехнадзора.

(095) 953-0525

кафедра «Эксплуатация электрических станций и тепловых сетей»

осуществляет повышение квалификации руководителей, специалистов и инженеров энергетической отрасли: тепловых и гидравлических электрических станций (ТЭС и ГЭС), предприятий тепловых сетей по всем вопросам, касающихся эксплуатации, управления и оптимизации режимов работы современного оборудования электростанций.

(095) 953-3871

# ТРУБЫ

на одном складе **в Москве**

## БЕСШОВНЫЕ

по ГОСТам 8732-78 8734-75

ТУ 14-3-190, ТУ 14-3-460

### Наше спец. предложение

**ГОСТ 8732-78:** Д=32x3, 38x3, 42x4, 45x3,  
48x4-6, 50x5, 60x5, 68x4...

Система скидок

737-80-91

737-53-79

785-22-17(19)

785-00-80(81)

730-37-29(31)

Официальный дилер  
**ОАО Днепропетровский Трубный Завод**



**ХимМаш  
МЕТАЛЛ**

[www.xmm.ru](http://www.xmm.ru)



**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ДОЗИРОВОЧНЫЕ НАСОСЫ И СИСТЕМЫ»**

## Дозировочные насосы из Тулы

Российское предприятие ЗАО «Дозировочные насосы и системы» (ЗАО «ДНС») занимается выпуском насосов типа НД с 1994 г. и является специализированным предприятием по проектированию и производству дозировочных агрегатов и систем в г. Туле. Конструкторский отдел и производственные подразделения ЗАО «ДНС» имеют разрешение и лицензии Гостротехнадзора России на право проектирования и изготовления оборудования для химических, нефтехимических и других производств и объектов, связанных с обращением и хранением взрывопожароопасных и токсичных веществ и смесей. Дозировочные насосы находят применение в разнообразных технологических процессах теплоэнергетической, химической, нефтяной и других отраслей промышленности.

Область применения дозировочных электронасосных агрегатов определяется стойкостью материалов, из которых выполнены проточная часть и уплотнения. Проточная часть изготавливается из коррозионно-стойких сталей и сплавов (ГОСТ 5632–72) или титана. По заказу потребителей гидравлическая часть насоса может быть выполнена с рубашкой обогрева (охлаждения), с подводом охлаждающей, промывочной или затворной жидкости к уплотнительному узлу проточной части. Для промывки в большинстве случаев используется вода, однако выбор промывочной жидкости определяется видом перекачиваемой среды. Уплотнения из резины и резинотканевых материалов используются при перекачивании жидкостей с температурой до 100°C. Для температур до 200°C и давления до 10 МПа используются уплотнения из фторопласта-4, при более высоких давлениях – из фторопластового композита.

Насосы типа НД предназначены для объемного напорного дозирования нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий с кинематической вязкостью от  $3,5 \cdot 10^{-7}$  до  $8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ , максимальной плотностью до 2000 кг/м<sup>3</sup>, водородным показателем pH = 0 – 14 и температурой от -15 до +200°C. Размер твердой неабразивной фазы – не более 1% диаметра условного прохода присоединительных патрубков, диапазон подач от 0,4 до 6300 л/ч и предельное давление до 40 МПа.

Герметичные мембранные насосы типа НДГ предназначены для объемного напорного дозирования агрессивных, токсичных и взрывопожароопасных жидкостей с температурой от -15 до +100°C, без утечек в атмосферу с подачей от 1,6 до 4000 л/ч и давлением до 10 МПа.

Насосы комплектуются электродвигателями общепромышленного или взрывозащищенного исполнения. Экспортные заказы комплектуются электродвигателями для различных климатических условий.

Регулирование подачи дозировочных насосов осуществляется несколькими способами, обусловленными требованиями технологического процесса:

ручное регулирование без изменения частоты вращения приводного вала;

автоматическое регулирование скважным методом и методом частотного регулирования.

В каждом насосе реализовано ручное регулирование длиной хода плунжера (рабочим объемом). Автоматическое управление дозировочными насосами типов НДЭ и НДГЭ осуществляется с помощью блоков управления БУ-ДН-01-3 или преобразователей частоты серии AMD. Рабочий объем насоса в этом случае остается неизменным. Блок БУ-ДН-01-3 управляет насосом скважным методом (в режиме работы электродвигателя пуск-останов). Периодичность пусков определяется базовым временем цикла дозирования, которое программируется потребителем. Насос работает в автоматическом режиме, определяемом микропроцессором. Блок БУ-ДН-01-3 позволяет осуществлять дистанционное управление подачей насоса с установкой величины подачи и перекачиваемого объема жидкости в процессе отработки программы или по ее окончании. Данные по настройке, калибровке и программированию блока управления отображаются на двухстрочном жидкокристаллическом дисплее в реальных величинах, в том числе подача – в литрах в час, перекачиваемый объем – в литрах, время работы – в часах и минутах. Применяемый алгоритм управления позволяет автоматически стабилизировать подачу за счет обратной связи по числу ходов плунжера и программирования изменяющихся условий работы (вязкости перекачиваемой среды и давления).

Блок БУ-ДН-01-3 подключается к сети непосредственно между коммутационным аппаратом, использующимся для включения электродвигателя насоса, и электродвигателем. Датчик числа ходов плунжера устанавливается на редуктор агрегата после несложной доработки, что позволяет легко осуществить модернизацию агрегатов на действующих производствах, в том числе для работы в составе АСУ ТП (со связью посредством интерфейса RS-485, токовой петли 4 – 20 мА). Блок выполнен на современной электронной базе отечественного и зарубежного производства.

ЗАО «ДНС» выпускает запасные части ко всей гамме насосов, поставляемых потребителям, и осуществляет их гарантийное и послегарантийное обслуживание.

В настоящее время проходит производственные испытания новая серия герметичных сильфонных насосов марки НДС. Серийный выпуск их планируется в первой половине 2003 г.

Среди потребителей продукции ЗАО «ДНС» – практически все энергосистемы России, нефтепереработчики, нефтедобытчики, химики. Дозировочные насосы из Тулы работают в Белоруссии, Казахстане, Украине, Азербайджане. Российская фирма «Атомстройэкспорт» закупила у ЗАО «ДНС» насосы на строящуюся атомную электростанцию «Бушер» в Иране.

Гарантия качества – 100%-ная проверка насосов на испытательном стенде сборочного цеха. Все оборудование, выпускаемое ЗАО «ДНС», имеет сертификаты соответствия Госстандарта РФ.

Наши контактные телефоны:  
(0872) 28-13-00; 39-66-68; 28-19-09

*Беляев Павел Васильевич,  
генеральный директор*



# ПЭИПК

Государственное образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования  
**ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
повышения квалификации руководящих работников и специалистов  
Министерства энергетики Российской Федерации

ПЭИПк – базовое образовательное учреждение Министерства энергетики и Российской Федерации. Институт аккредитован и действует на основании государственной лицензии Министерства образования России. Начало его деятельности совпадает с началом реализации плана ГОЭЛРО. Работа института, прерванная войной, была восстановлена решением Правительства СССР в 1952 году.

Ежегодно в институте и его филиалах повышают квалификацию более 2,5 тысяч специалистов-энергетиков топливно-энергетического комплекса, промышленности, строительства, транспорта, сельского и жилищно-коммунального хозяйства. Более подробную информацию можно найти в сети Internet: [www.peipk.spb.ru](http://www.peipk.spb.ru)

*ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ СЛУШАТЕЛЯМ ВЫДАЮТСЯ  
ДОКУМЕНТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗЦА*

## **ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

- Кафедра «Электроэнергетического оборудования электрических станций, подстанций и промышленных предприятий» (ЭЭСП), т. (812) 371-83-50, факс 373-90-24. E-mail: eesp@peipk.spb.ru
- Кафедра «Эксплуатации тепломеханического оборудования» (ЭТМО), т. (812) 373-20-43, 373-90-25, факс 373-22-61. E-mail: etmo@peipk.spb.ru
- Международный инженерный центр (МИЦ), т. (812) 371-83-52, 373-90-20, факс 373-90-21. E-mail: iec@peipk.spb.ru
- Кафедра «Диспетчерского управления электрическими станциями, сетями и системами» (ДУЭС), т. (812) 279-42-29, АТС ОАО «Ленэнерго» 50-27. E-mail: dues@peipk.energo.ru; Internet: [www.dues.spb.ru](http://www.dues.spb.ru)
- Кафедра «Релейной защиты и автоматики электрических станций, сетей и энергосистем» (РЗИА), т. (812) 277-50-33, т/факс 277-13-37. E-mail: rza@peipk.energo.ru
- Кафедра «Систем связь топливно-энергетического комплекса» (ССТЭК), т. (812) 151-23-32, т/факс 151-31-91, E-mail: sstek@peterlink.ru
- Кафедра «Экономики и организации управления в энергетике» (ЭОУЭ), т. (812) 145-96-24, 145-73-09, т/факс 151-25-52. E-mail: peipk-econ@peterlink.ru
- Кафедра «Энергетического надзора и энергосберегающих технологий» (ЭНЭТ), т. (812) 373-90-27, 373-90-28, т/факс 373-21-43, E-mail: peipk-enet@peterlink.ru
- Факультет целевого обучения (ФЦО), т. (812) 373-18-26, 373-19-26, 373-90-29
- Камский филиал. 423803, Татарстан, г. Набережные Челны, Челнинский пр., 7, т. (8552) 46-71-11, т/факс (8552) 46-68-37
- Челябинский филиал. 454084, г. Челябинск, ул. Набережная, 5, т. (3512) 35-35-84, т/факс 35-46-71
- Новосибирский филиал. 630007, г. Новосибирск, Пристанский пер., 4, т. (3832) 23-95-12, т/факс 23-96-77. E-mail: nfpaiipk@online.sinor.ru; Internet: [www.sinor.ru/nfpaiipk](http://www.sinor.ru/nfpaiipk)

## **ИНСТИТУТ ИМЕЕТ СОБСТВЕННЫЕ КОРПУСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ПРОЖИВАНИЯ СЛУШАТЕЛЕЙ**

**Наш адрес: 196135, Санкт-Петербург, Авиационная ул., 23  
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ (ПЭИПк)**

**Планово-договорная служба: тел. (812) 373-61-74, т/факс (812) 371-83-53,  
факс (812) 108-39-50. E-mail: pdo@peipk.spb.ru. Internet: [www.peipk.spb.ru](http://www.peipk.spb.ru)  
тел. администрации гостиницы «Энергетик» (812) 151-25-59.**



**РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО “ЕЭС РОССИИ”  
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВТИ)**

**ПРЕДЛАГАЕТ**

Сборник докладов научно-практического семинара (под редакцией доктора техн. наук А.Г. Тумановского, канд. техн. наук В.Р. Котлера) 2000 г.

**«ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХСТУПЕНЧАТОГО  
СЖИГАНИЯ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ NO<sub>x</sub> НА ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ  
КОТЛАХ В ЕВРОПЕ И СНГ»**

В СБОРНИКЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ ДОКЛАДЫ, выступлений специалистов из России, Великобритании, Италии, Греции и Португалии, посвященные проблеме снижения выбросов оксидов азота на котлах, сжигающих твердое топливо.

ДОКЛАДЫ СОДЕРЖАТ основные результаты разработки и исследования технологии трехступенчатого сжигания, с успехом реализованной на крупных угольных энергоблоках в Европе.

**СБОРНИК МОЖЕТ БЫТЬ ПОЛЕЗЕН:**

инженерно-техническому персоналу тепловых электростанций и энергосистем; специалистам научно-исследовательских, проектно-конструкторских и наладочных организаций, работающим в сфере создания и эксплуатации котельно-топочного оборудования.

**ВЫ МОЖЕТЕ НАМ ПОЗВОНИТЬ: (095) 275-74-41**

**ИЛИ ОТПРАВИТЬ ФАКС: (095) 279-59-34**

**НАШ АДРЕС: 115280, МОСКВА, АВТОЗАВОДСКАЯ УЛ., Д. 14/23**

Сборник докладов семинара **МЫ ПРЕДОСТАВИМ ВАМ** по договорной цене

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор **ОЛЬХОВСКИЙ Г.Г.**

**АНТИПОВ К.М.** (зам. главного редактора), **ВОЛКОВ Э.П.**, **Денисов В.И.**, **Зотов В.М.**, **Корниенко А.Г.**,  
**кощеев л.а.**, **лошак с.б.**, **ляшенко в.с.**, **неклепаев б.н.**, **нецаев в.в.**, **образцов с.в.**,  
**орфеев в.м.**, **охотин в.н.**, **прушинский б.я.**, **ремезов а.н.**, **решетов в.и.**,  
**савваитов д.с.**, **седлов а.с.**, **соловьева т.и.**, **федосеев б.с.**, **широкова м.и.**

**РЕДАКЦИЯ**

Зам. главного редактора **Соловьев Т.И.**  
Ответственный секретарь **Широкова М.И.**  
Научный редактор **Шишорина Г.Д.**  
Литературный редактор **Евсеева В.Н.**  
Секретарь редакции **Васина С.А.**  
Компьютерный набор **Коновалова О.Ф.**

*Раздел “Энергохозяйство за рубежом”*  
Научные редакторы: **Алексеев Б.А.**, **Котлер В.Р.**

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**115280, Москва, ул. Ленинская слобода, 23**

Телефоны: *редакции* (095) 234-7417, 234-7419  
275-0023, доб. 21-66  
*главного редактора* (095) 275-3483  
**Факс** (095) 234-7417

**Internet:** <http://www.energy-journals.ru>  
**E-mail:** tis@mail.magelan.ru

Сдано в набор 2.09.2002. Подписано в печать 30.09.2002. Формат 60 84 1/8.

Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 10,25. Тираж 2000. Цена свободная

Оригинал-макет выполнен в издательстве “Фолиум”,  
127238, Москва, Дмитровское ш., 58, **тел./факс** (095) 482-5590, 482-5544, 488-7210  
**Internet:** <http://www.foliump.ru>, **E-mail:** folium@online.ru  
Отпечатано в типографии издательства “Фолиум”