

КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



Котельные

Водогрейные котлы:
обзор конструкций

8

Когенерация

Энергоэффективность
водооборотных систем

46

Водоподготовка

Искусственные
цеолиты

56



Реализовано более 25 проектов строительства МИНИ-ТЭЦ



ОАО «МПНУ ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ»

- предпроектные исследования;
- проектирование;
- комплектация оборудованием и материалами;
- монтаж;
- пусконаладочные работы;
- ввод в эксплуатацию;
- гарантийное и постгарантийное обслуживание установленного оборудования

Реклама Товар сертифицирован



Уважаемые коллеги!

В решении задачи модернизации, о которой сейчас столько говорится с высоких трибун, похоже, действительно намечился переход от слов к делу. На наших глазах рождаются такие амбициозные проекты, как технопарк «Сколково», возглавить который согласился нобелевский лауреат и академик РАН Ж.И. Алферов. Их назначение – стать «мотором» технологического обновления нашей страны, реорганизации ее экономики и хозяйства. «Умная», построенная на принципах эффективности, экологической безопасности и широкого использования возобновляемых ресурсов энергетика будет важной составляющей этих процессов.

Перечисленные выше темы нашли широкое отражение в экспозиции и деловой программе выставки SHK Moscow 2010, к началу которой приурочен выход этого номера журнала. Весенний выставочный сезон заканчивается. Позади Aqua-Therm Moscow, MATTEX и, конечно, грандиозная Mostra Convegno Expocomfort в Милане. О новинках, показанных ведущими производителями тепло- и энерготехники, читайте в следующем номере. И еще об одном событии. 15 апреля – день проведения ежегодной конференции «Теплоэнергетика XXI века», организованной клубом теплоэнергетиков «Флогистон», одним из учредителей издательского дома. В следующем выпуске журнала мы планируем рассказать вам и об этом интересном событии.

Лариса Шкарубо, директор ИД «Аква-Терм»

Содержание

- 2 Новости
- 8 Водогрейные котлы: обзор конструкций
- 12 Котлы пульсирующего горения
- 14 Конденсационные котлы в промышленной энергетике
- 16 Высокотехнологичные котлы из Кореи
- 18 Опыт адаптации европейских горелок к водотрубным котлам
- 22 Уголь – перспективное топливо для котельных и мини-ТЭЦ
- 26 Автоматизированные твердотопливные установки HERZ BioFire
- 28 Энергосбережение в паровом хозяйстве предприятия. Его цена и эффективность
- 31 Энергоэффективность против «вампилов»
- 32 Котлы De Dietrich – на шаг впереди, на голову выше
- 34 Testo 340 – для анализа дымовых газов
- 36 Водогрейные котлы на газе и жидком топливе
- 42 Промышленные котлы на твердом топливе в Интернете
- 46 Об энергоэффективности градирен и водооборотных систем
- 50 Мини-ТЭЦ в «Трех китах»
- 54 Энергосберегающая турбина для паровых котельных
- 55 Как защитить теплообменник от накипи
- 56 Применение искусственных цеолитов в подготовке подпиточной воды водогрейных котлов
- 58 СРО: допуск к работам на опасных и уникальных объектах
- 60 ООО НПО «Ремтепло» – 14 лет на рынке теплоэнергетики

Генеральный директор
Лариса Шкарубо
E-mail: magazine@aquatherm.ru

Главный редактор
Михаил Лукьянцев
lukyantsev@aquatherm.ru

Выпускающий редактор
Ольга Синицына
Научный консультант
Яков Резник
Служба рекламы и маркетинга

Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66
Ольга Попова
E-mail: market@aquatherm.ru
Михаил Илюшкин
E-mail: book@aquatherm.ru

Члены редакционного совета
Р. Я. Ширяев, генеральный директор
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,
президент клуба теплоэнергетиков
«Флогистон»
Н.Н. Турбанов, технический директор
Группы компаний «Рэинбоу»

В.Р. Котлер, к. т. н., заслуженный
энергетик РФ, ведущий научный
сотрудник Всероссийского
теплотехнического института,
лауреат премии РФ в области науки
и техники
В.В. Чернышев, начальник отдела
котлонадзора и надзора
за подъемными сооружениями
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору

Учредитель журнала
ООО «Издательский Дом «Аква-Терм»
Тираж отпечатан в типографии
ООО «Лига-Принт»

Полное или частичное воспроизведение
или размножение каким бы то ни было
способом материалов, опубликованных
в настоящем издании, допускается толь-
ко с письменного разрешения редакции.

За содержание рекламных объявлений
редакция ответственности не несет.
Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов статей.

Фото на 1-й стр. обложки:
Booster Boiler

Итоги прошлого года

Чистая выручка концерна Danfoss (Дания) за прошлый год достигла 25,7 млрд датских крон, что составляет 93 % от аналогичного показателя 2008 г. Операционная прибыль (без учета подразделения Sauer-Danfoss) составила 48 млн крон. На сокращение прибыли повлияли затраты на реструктуризацию компании.



Согласно заявлению руководства мирового концерна на данный момент рост финансовых показателей Danfoss имеет положительную динамику. Ожидается, что в 2010 г. объем продаж составит 27 млрд крон, что будет соответствовать росту на 5 % по сравнению с предыдущим годом.

В текущем году компания продолжила работу по подготовке к строительству нового завода в Нижнем Новгороде: приобретен участок земли, заключено соглашение с местной администрацией. В настоящее время разрабатывается проект нового производства. Сегодня уровень инвестиций компании «Данфосс» в российский рынок составляет около 50 млн евро.

Объем продаж Uronor (Финляндия) снизился на 22,7 % и составил 734,1 млн евро (в 2008-м – 949,2 млн евро). Однако отмечается, что в четвертом квартале сокращение было не таким значительным, как в первом. Кроме того, корпорации удалось повысить рентабельность прибыли. Наиболее существенное сокращение продаж произошло в Испании, США, Финляндии, тогда как в Германии и Нидерландах оно было менее заметным.

Валовая прибыль Uronor уменьшилась на 20,7 % и составила 271,1 млн евро (в 2008-м – 341,8 млн евро). Благодаря росту эффективности производства удалось добиться повышения рентабельности продаж по валовой прибыли (отношение валовой прибыли к выручке от продаж в процентах). При этом резкое повышение цен на сырье не отразилось на ценах.

Операционная прибыль снизилась на 19,4 % и составила 41,2 млн евро (в 2008-м – 51,2 млн евро). Чистая прибыль увеличилась на 5,6 % (5,4 % в 2008 г.) от объема продаж. Снижение операционной прибыли объясняется в первую очередь резким уменьшением продаж в Европе. В то же время в Северной Америке операционная прибыль заметно увеличилась.



Закон о ТЭС на попутном нефтяном газе

Совет Федерации одобрил закон, обеспечивающий приоритетный доступ на оптовый рынок электроэнергии, произведенной за счет попутного нефтяного газа или продуктов его переработки. Согласно принятым изменениям в закон «Об электроэнергетике» тепловые электростанции, использующие попутный нефтяной газ в качестве основного топлива, попадают в перечень владельцев генерирующих мощностей, от которых во вторую очередь принимается объем производства электроэнергии.

Необходимость внесения изменений в действующее законодательство вызвана нерациональным использованием значительных объемов попутного нефтяного газа, сжигаемого в факелах.



Запущена электростанция на ПНГ

На Нижне-Шапшинском месторождении (Ханты-Мансийский автономный округ), разработку которого ведет ОАО НК «РуссНефть», запущена в эксплуатацию первая очередь автономной газопоршневой электростанции мощностью 17 МВт. Полная мощность проекта – 44 МВт. В качестве топлива используется попутный нефтяной газ.

Представители компании отмечают, что реализация этого проекта позволит сократить объемы вредных выбросов в атмосферу и снизить эксплуатационные расходы. Излишки электроэнергии будут поступать другим потребителям. Также предусмотрено строительство газоперерабатывающего завода и трубопроводов для снабжения электростанции топливом. Отмечается, что в результате компания сможет эффективно использовать 95 % попутного нефтяного газа.



Bosch и Buderus: единый сервис

Компании «Роберт Бош» и «Будерус» объявили об объединении своих сервисных служб. Теперь ООО «Будерус Отопительная Техника» станет единым оператором по работе с авторизованными сервисными центрами (АСЦ), осуществляющими монтаж, пусконаладку, настройку, гарантийный и постгарантийный ремонт, техническое обслуживание отопительной и водогрейной техники, а также вспомогательного оборудования всех марок концерна Bosch Thermotechnology.

Объединение позволит повысить уровень доступности запасных частей для АСЦ за счет использования региональной сети ООО «Будерус Отопительная Техника», которая включает девять складов в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Казани, Краснодаре, Новосибирске, Самаре, Уфе, Хабаровске.

Buderus

Процесс обучения также будет оптимизирован благодаря унификации и использованию региональных учебных центров ООО «Будерус Отопительная Техника» в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Казани, Краснодаре, Новосибирске, Самаре. Оборудованы классы для проведения теоретических и практических занятий.



Когенерация в спортивном центре

В марте этого года испанская компания Guascor сообщила о запуске мини-ТЭЦ, предназначенной для энерго- и теплообеспечения спортивного центра USABAL в Толосе (страна басков). На объекте смонтирована когенерационная установка электрической мощностью 347 кВт, созданная на основе восьмицилиндрового (расположение цилиндров – в ряд) двигателя Guascor FGLD240 объемом 24 л. Суммарный КПД установки достигает 90,36 %.

Ввод объекта позволил полностью отказаться от услуг централизованного электроснабжения. Посчитано, что ежегодная экономия составит 40 тыс. евро. Освободившиеся средства планируется использовать для дальнейшего расширения спортивного центра.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОТЛЫ ALPHATHERM

РЕКЛАМА. ТОВАР СЕРТИФИЦИРОВАН.



- Простота транспортировки и монтажа
- Современная автоматика управления режимом работы котла
- Высокая термическая и коррозионная стойкость материалов
- Улучшенный теплообмен
- Повышенная термоизоляция
- Высокая герметичность топки

www.alphatherm.ru

Первая мини-ТЭЦ в Ярославской области

ОАО «МРСК Центра» выполнило технологическое присоединение первой в Ярославской области когенерационной установки электрической мощностью 195 кВт и тепловой – 330 кВт. Установка на базе двигателя ЯМЗ-240 НМ2, модифицированного для работы на природном газе, применена в технологической схеме поселковой газовой котельной д. Сельцо Большесельского муниципального района. Изготовитель – компания Wolf (Германия) при участии российско-германского предприятия «Энерджи Волд-Ярославль».

Согласно договору на техприсоединение выполнена реконструкция линии электропередачи напряжением 0,4 кВ протяженностью 0,4 км. Дополнительно установлено две опоры, заменен существующий провод на самонесущий изолированный.

Ярославская область стала пилотным регионом, на территории которого реализуется один из шести федеральных проектов в сфере энергоэффективности – «Комплексная малая энергетика». Запланированная модернизация котельных позволит снизить энергодефицит области на 40 %.

В январе этого года областная администрация и группа Wolf подписали соглашение о намерениях по сотрудничеству в реализации мероприятий по повышению эффективности топливно-энергетического комплекса. В течение года монтаж газопоршневых когенерационных установок запланирован также в Мышкинском, Любимском, Некоузском и

Некрасовском муниципальных районах.



Дизельные ИБП

31 марта в Москве прошла конференция «Динамические дизельные ИБП как инструмент при построении систем электропитания», организованная компанией «АкСи». В ее рамках Зигфрид Бернеккер, руководитель направления по динамическим дизельным ИБП австрийской компании Hitzinger, провел презентацию предлагаемого оборудования и рассказал о наиболее интересных проектах, реализованных в различных странах мира. Один из них – компьютерный центр обработки данных в Лондоне (установки размещены на 11-м этаже здания).

Для бесперебойного снабжения объектов электроэнергией компания предлагает решения на основе двух серий дизельных ИБП – NBDD (с маховиком) и NBDK (с кинетическим модулем). Последние обеспечивают более высокую точность частоты генерируемого напряжения – 1 %.

Мощность установок – до 2200 кВА. Напряжение – 0,4–11 кВ. Нарботка на отказ – более 1 млн ч. КПД – до 96 %. Также предлагается программное обеспечение для удаленного контроля и управления.



Владивосток готовится к саммиту АТЭС

В постоянную эксплуатацию принята мини-ТЭЦ «Северная» на о. Русский (Владивосток). Она может работать как на газе, так и на дизельном топливе. Это один из объектов, запланированных к возведению в рамках подготовки к саммиту АТЭС, который пройдет во Владивостоке в 2012 г.

Всего намечено построить более 40 объектов. На многих из них уже ведутся строительные-монтажные работы. Так, на ноябрь этого года запланирована сдача первой очереди мини-ТЭЦ «Центральная». Полным ходом идет возведение двух мостов – через бухту Золотой Рог и через пролив Босфор Восточный на о. Русский.

На острове возведены каркасы корпусов Дальневосточного федерального университета, начинается закладка конференц-центра. В самом Владивостоке ведутся работы по модернизации городской системы водопровода и канализации.

Идет дорожное строительство, реконструируется аэропорт.



Saacke: немецкий опыт для российских котельных

Компания Saacke (Германия) объявила о начале реализации в нашей стране комплексной программы SEE, направленной на повышение энергоэффективности котельных установок и успешно опробованной в Германии. Программа включает четыре основных направления деятельности:

- энергетический аудит котельных установок на предмет эффективного использования топлива и электроэнергии (направление SEE-C);
- разработка и внедрение новых энергоэффективных технологий сжигания альтернативного жидкого, газообразного и пылевидного топлива (SEE-F);
- усовершенствование основных компонентов горелочных устройств и автоматики с целью повышения энергоэффективности установки в целом (SEE-D);
- частичная и полная модернизация существующих котельных установок (SEE-O).

Необходимость повышения энергетической эффективности – ключевая проблема развития российской энергетики и промышленности. Актуальность ее подтверждается такими государственными инициативами как принятие в 2009 г. Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», предписывающего государственным предприятиям снизить удельное потребление энергоресурсов в течение пяти лет на 15 %.



Горелки Unigas от «Дорогобужкотломаш»

ОАО «Дорогобужкотломаш» сообщило о получении статуса официального представителя Sib Unigas (Италия) по реализации горелочного оборудования на территории нашей страны. Решение принято итальянской компанией на основании данных о реализованных проектах в области теплоснабжения.

Еще одна новость компании: действие акции по предоставлению скидки на 40 % на ряд водогрейных котлов мощностью до 7,56 кВт продлено до 1 июня 2010 г. Все зарегистрировавшиеся на стенде «Дорогобужкотломаш» в рамках выставки SHK Moscow-2010, смогут получить дополнительные бонусы.



Самонесущие дымоходы «Балтвент»

В 2010 г. специалисты компании Балтвент приняли участие в изготовлении по индивидуальным заказам современных самонесущих дымоходных систем. Внутренний контур дымохода – из никельсодержащей нержавеющей стали марки AISI 316, что обеспечивает долговечность дымового канала. Теплоизоляционным материалом служит базальтовая вата, имеющая продолжительный срок службы. Она не позволяет переохлаждаться дымоходному каналу, тем самым увеличивая эффективность системы дымоудаления и уменьшая количество выпадающего конденсата. В качестве несущей конструкции используется обечайка из черного металла. Продукция отвечает всем необходимым требованиям, что подтверждается наличием как российских сертификатов, так и сертификата европейского стандарта качества.

В феврале этого года были завершены монтажные работы городской котельной с использованием самонесущего дымохода, изготовленного при участии Балтвент. Дымоход высотой 60 м состоит из четырех десятиметровых секций. Сечение внутреннего контура дымохода 2900 мм, наружной обечайки 3000 мм. Ввод новой котельной в эксплуатацию запланирован на весну этого года.



Стартовал конкурс на премию Grundfos

Начался прием заявок на всероссийский конкурс лучших проектов «Премия Grundfos-2010», который проводится компанией с 2000 г. и затрагивает восемь федеральных округов России, а также Беларусь. Цель конкурса – выявить проектные работы в области инженерных систем зданий и сооружений, в которых максимально эффективно использовано оборудование Grundfos, и на базе этих работ показать широкую область применения этого оборудования. Авторы лучших проектов получают награды. Конкурс разделен на два основных этапа: региональный и федеральный.

В этом году ООО «Грундфос» объявило о ряде изменений в проведении конкурса. Региональные этапы будут проходить одновременно во всех восьми округах России и Белоруссии по 27 сентября 2010 г. Все работы будут разделены по четырем номинациям в зависимости от областей применения насосного оборудования:

- «Движение» – проекты систем водоснабжения для хозяйственных и питьевых нужд;
- «Достижение» – проекты систем отопления и вентиляции зданий;
- «Цивилизация» – проекты систем канализации;
- «Безопасность» – проекты систем пожаротушения зданий.

Победителей будут определять региональные и федеральная комиссии, в состав которых войдут авторитетные эксперты. Все этапы конкурса будут освещены в ведущих специализированных СМИ.

Региональные призеры будут отмечены ценными подарками. За первенство в федеральном этапе полагается суперприз – автомобиль.



Baltur – 60 лет

Компания Baltur (Италия), известный производитель горелочных устройств, отмечает в этом году 60-летие. Познакомиться с новейшими образцами продукции можно с 20 по 23 апреля на стенде компании (2.2 C08, павильон № 2) в рамках выставки SHK.



Котлы-утилизаторы для ГРЭС

ЗАО «Энергомаш (Белгород)» сообщило об установке двух котлов-утилизаторов на строительной площадке парогазовой установки (ПГУ) Астраханской ГРЭС. Генеральный подрядчик – ЗАО «Энергокаскад», заказчик – ОАО «Лукойл». На ПГУ Астраханской ГРЭС поставлены два комплекта котлов-утилизаторов, в которых применены уникальные для российского котлостроения решения. Одно из них – максимальная готовность поставки – блоки поставляются с изоляцией, обшивкой, трубопроводами и каркасом. Для компенсации расширений на котельных трубопроводах установлены сильфонные компенсаторы собственного



Ростехнадзор выявил

По результатам плановой целевой проверки, проведенной Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), приостановлено действие разрешения на применение резервуаров FAS-ПО/ПС/НО/НС для сжиженных углеводородных газов производства ООО «Фасхиммаш» (Кстово, Нижегородская обл.). Причина – предоставление недостоверной заявительной информации.

В частности, при изготовлении сосудов объемом от 2700 до 20000 л использовались материалы, не указанные в прилагаемых к заявлению сопроводительных документах. Паспорта сосудов, работающих под давлением, не соответствуют их фактическому исполнению. Всего выявлено 28 нарушений требований промышленной безопасности.

Unical®

**Unical открыл производство
паровых котлов!!!!!!
Лучшие цены
Европейское качество
Минимальные сроки поставки**

Unical BAHR UNO

Горизонтальный двухходовой паровой котел
низкого давления (до 1 бар)

- 12 моделей паропроизводительностью
от 200 до 3000 кг/час

Unical BAHR 12

Горизонтальный двухходовой паровой котел
на рабочее давление до 12 бар

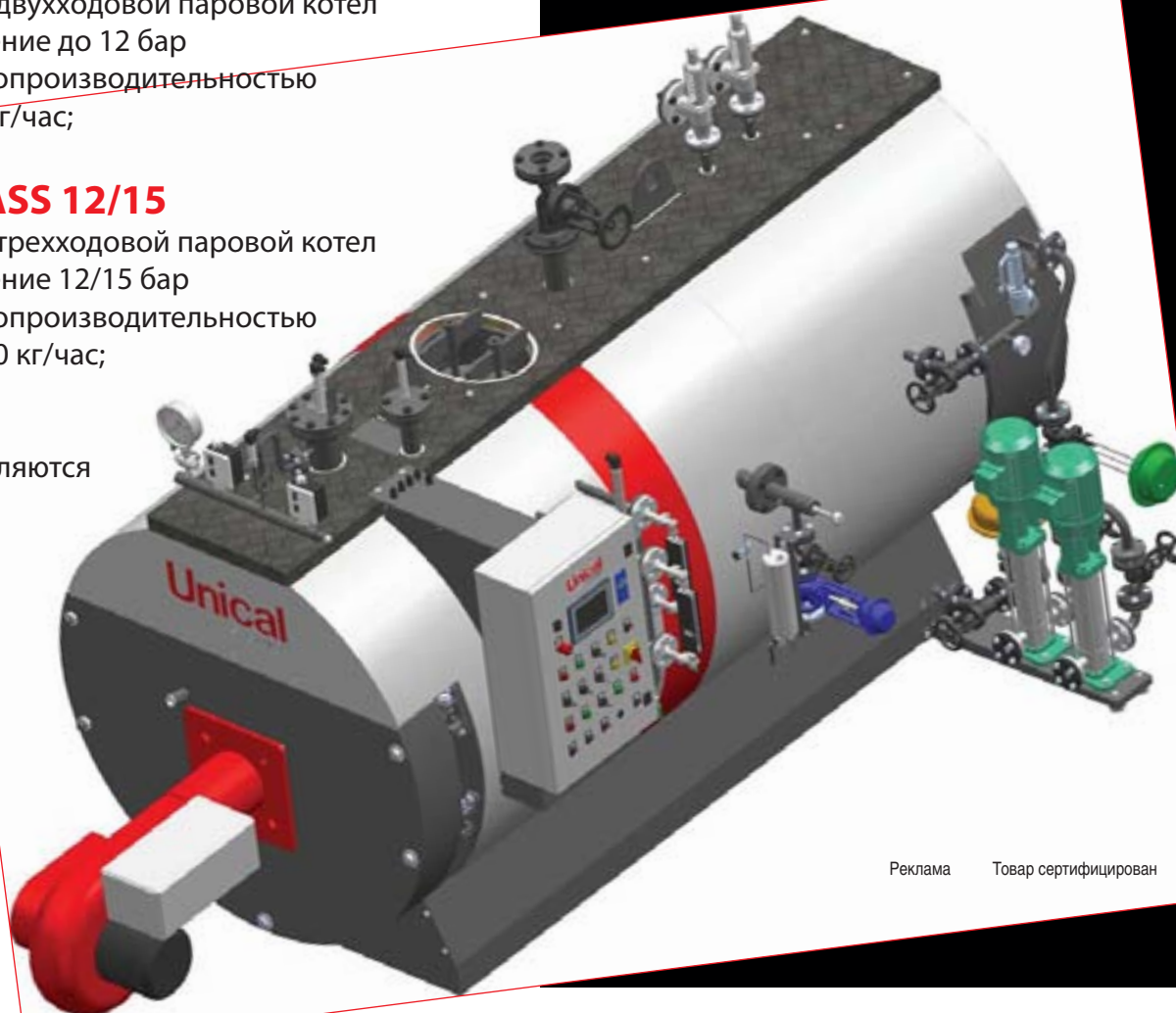
- 14 моделей паропроизводительностью
от 300 до 5000 кг/час;

Unical TRYPASS 12/15

Горизонтальный трехходовой паровой котел
на рабочее давление 12/15 бар

- 10 моделей паропроизводительностью
от 2000 до 15000 кг/час;

Все котлы поставляются
в комплектации
в соответствии
с требованиями
российских норм
и правил



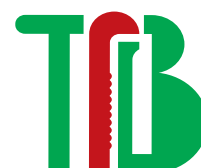
Реклама Товар сертифицирован

ООО «Теплогазоснабжение и вентиляция»

продажа котельного оборудования

[495] 748 11 77

www.tgv.ru





Стоимость импортных котлов, как правило, выше стоимости аналогичных отечественных моделей, но заказчики при комплектации промышленных и крупных отопительных котельных довольно часто предпочитают продукцию известных зарубежных фирм.

Водогрейные котлы: обзор конструкций

Среди водогрейных котлов мощностью до 30 МВт как установленных, так и предлагаемых сегодня на российском рынке, преобладают два основных типа конструкций – водо- и жаротрубные. Практически все зарубежные промышленные котлы, предлагаемые в нашей стране, являются жаротрубными (точнее – жаротрубно-дымогарными). Приоритет жаротрубных котлов перед водотрубными объясняется просто: такая конструкция позволяет собирать котлы полностью в заводских условиях и поставлять котел заказчику в виде одного блока, что значительно упрощает монтаж оборудования в котельной.

Внутри корпуса у жаротрубного котла находится горячая вода, где в свою очередь размещается жаровая труба (иногда – две). В переднем торце каждой жаровой трубы установлена наддувная (вентиляторная) горелка, рассчитанная на сжигание газа или жидкого топлива. Таким образом, жаровая труба является топочной камерой, в которой сгорает практически все топливо. Тепловое напряжение топочного объема составляет обычно 1–1,2 МВт/м³.

В зависимости от диаметра и избыточного давления применяются гладкие или волнистые жаровые трубы. Расположены они всегда в нижней части водяного пространства, что повышает теплообмен и улучшает циркуляцию котловой воды.

Жаротрубные котлы различаются также по количеству ходов дымовых газов. Если производители не подчеркивают, что их котел – трехходовой, значит, горелка практически прямоточная: она образует длинный факел. Продукты сгорания достигают противоположной водоохлаждаемой стенки, разворачиваются и двигаются в сторону передней стенки. Здесь они попадают в кольцевую камеру, из которой по дымогарным трубкам двигаются опять в сторону задней стенки, отдавая тепло котловой воде (рис. 1).

В трехходовых котлах продукты сгорания после жаровой трубы возвращаются назад по дымогар-

ным трубам, расположенным, как правило, ближе к жаровой трубе. У фронтальной стены котла дымовые газы делают еще один поворот и приходят по дымогарным трубам третьего хода в сторону задней стенки. Для более полного использования тепла дымовых газов многие производители устанавливают в дымогарные трубы третьего хода специальные турбулизаторы из высокопрочной стали. (Аналогичный эффект может достигаться и без вставок,



Рис. 1. Схема работы двухходового жаротрубного котла

за счет специальной формы самих трубок.) Турбулизация потока увеличивает отвод тепла и снижает температуру уходящих газов, повышая КПД котла.

В более крупных котлах повышение КПД обеспечивается установкой экономайзера после третьего хода дымовых газов. На рис. 2 показана схема такого котла с одной важной особенностью: заслонка в верхней части дымовой камеры позволяет пропускать часть продуктов сгорания напрямую, шунтируя экономайзер. Благодаря этому при изменении нагрузки или при недопустимом снижении температуры обратной котловой воды удастся поддерживать постоянную температуру уходящих газов. Это особенно важно при сжигании серосодержащих топлив, так как благодаря такому простейшему устройству удастся поддерживать «сухой» режим работы экономайзера, не опускаясь ниже температуры точки росы.

В большинстве случаев трехходовые котлы имеют на выходе из жаровой трубы так называемую дымно-огневую камеру. В ней продукты сгорания разворачиваются на 180° и поступают в дымогарные трубки второго газохода. Огневая камера обычно охлаждается окружающей ее котловой водой, хотя встречаются и выносные камеры, выполненные из цельносварных экранных труб.

Поворот дымовых газов от второго хода к дымогарным трубкам третьего хода осуществляется в передней огневой камере. Эта кольцевая камера оснащена одним или двумя люками, которые позволяют добраться до дымогарных труб для их осмотра и очистки.

Камеры сгорания в жаротрубных котлах обычно работают при избыточном давлении, поэтому установка дымососа для эвакуации газов не требуется. Воздух для горения обычно подается вентилятором, встроенным в горелочный блок.

Автоматизированное управление работой котла позволяет свести к минимуму занятость квалифицированного персонала даже при обслуживании крупных водогрейных котлов.

Кроме описанных выше стальных жаротрубно-дымогарных котлов выпускаются и чугунные водогрейные котлы. Мощность их, как правило, не превышает 1–2 МВт.

Некоторые стальные жаротрубные котлы разработаны специально для сжигания твердого топлива (уголь, древесные отходы и т.д.).

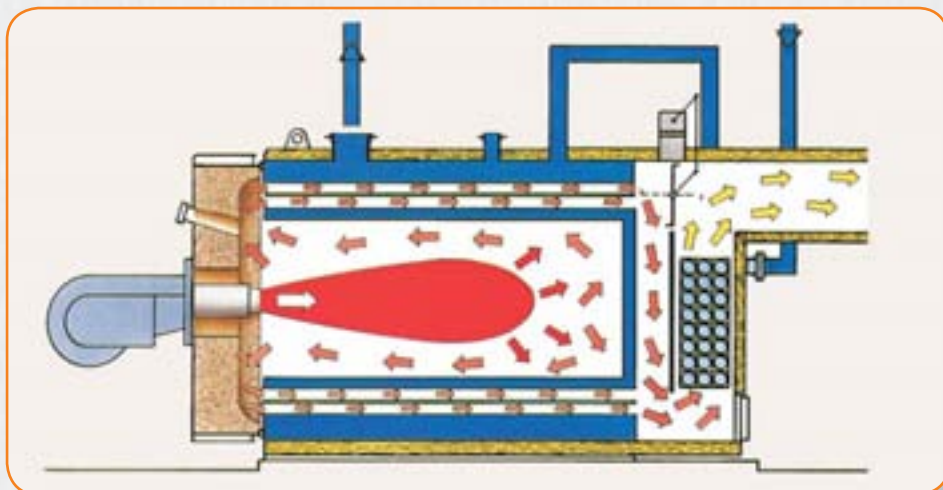


Рис. 2. Схема работы жаротрубного котла с экономайзером

Такие агрегаты поставляются уже как минимум в виде трех блоков: собственно котел, выносная топка с механической решеткой и золоуловитель, после которого дымовые газы поступают к дымососу.

В отличие от паровых, в водогрейных водотрубных котлах нагреваемая вода протекает по трубкам малого диаметра, обтекаемым снаружи топочными газами. Циркуляция теплоносителя обеспечивается насосом. Распространенным решением является применение топочных экранов, повышающих тепловыделение в топке при меньшей тепловой нагрузке на ее стенки, а также выполняющих функцию тепловой изоляции котла. На рис. 3 пока-

зана конструкция водогрейного водотрубного котла АГ-42, разработанного НПО ЦКТИ в 1995 г.

В качестве примера рассмотрим устройство котлов КВ-Г серии «ДКМ» (0,4–7,56 МВт) производства «Дорогобужкотломаш», работающих на газе и жидком топливе. Котел состоит из стального цилиндрического корпуса, внутри которого расположен циркуляционный контур. Снаружи корпуса закреплен газоотводящий короб, снизу крепится охлаждаемая циклонная топка. Верхнее отверстие корпуса закрыто охлаждаемой крышкой.

Циркуляционный контур состоит из двух частей. Контур топки образован

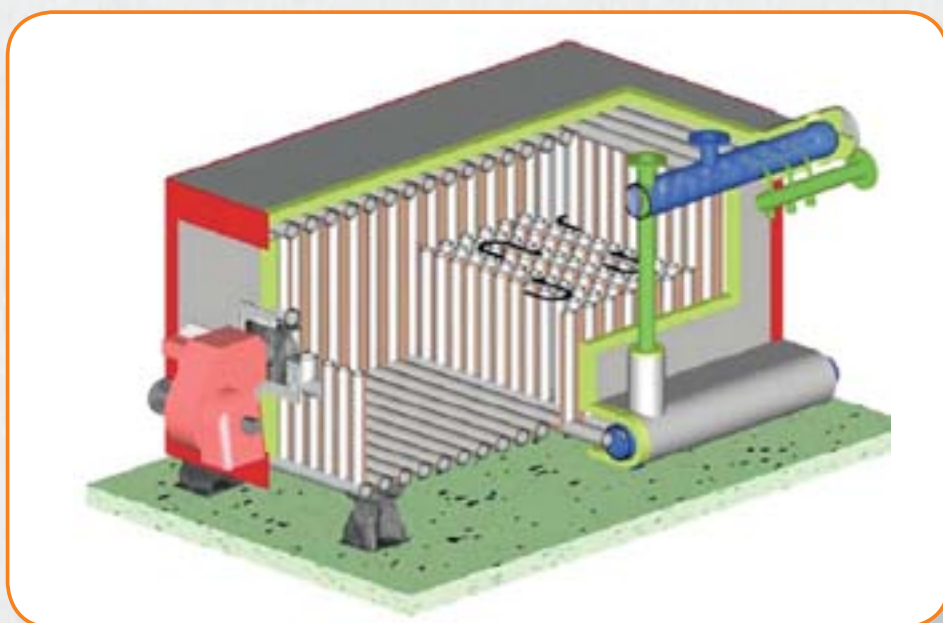


Рис. 3. Конструкция водотрубного котла АГ-42

делением цилиндров топки на две камеры (верхнюю и нижнюю) с помощью перегородки. Вода подводится через нижнюю камеру, откуда она перетекает в верхнюю через отверстие в перегородке. В контур корпуса вода поступает посредством перепускного трубопровода.

Циркуляционный контур корпуса состоит из двух сварных кольцевых гидрокамер прямоугольного сечения, соединенных вертикальными трубами. Трубы приварены к кольцевым гидрокамерам по двум концентрическим окружностям.

С целью равномерного распределения воды по трубам в котле реализована многоходовая схема движения воды. Шесть радиальных перегородок, установленных в верхней и нижней гидрокамерах, делят каждую из них на шесть секций. При этом секции обеих гидрокамер расположены в шахматном порядке относительно друг друга.

В верхней гидрокамере вода поступает в теплотрассу. Движение воды в гидрокамерах организовано против часовой стрелки.

Первый газоход образован внутренним и наружным рядами труб; второй – наружным рядом труб и обечайкой котла. Продукты сгорания последовательно проходят оба газохода и поступают в дымоотводящий патрубок.

Максимальная температура теплоносителя – 95 или 115 °С, рабочее давление – до 0,6 МПа. КПД – 91 %. Котлы выпускаются в газоплотном исполнении.

Несмотря на то, что водотрубные теплогенераторы по-прежнему составляют основу отечественного котельного парка, растет предложение российских жаротрубных котлов, выпуск которых осваивают как крупные заводы, так и небольшие фирмы. В качестве примеров

Другой путь – приобретение лицензии на производство подходящего модельного ряда зарубежного производителя. Так, завод «Зиосаб-Дон» (Волгодонск) выпускает жаротрубные котлы по лицензии финской фирмы FinReila. Типоряд включает модели мощностью от 0,5 до 15 МВт с максимальным рабочим давлением 1,0 или 1,6 МПа.

Каждый из рассмотренных традиционных типов котельного оборудования обладает своими достоинствами. Так, жаротрубные котлы компактны, просты в монтаже и эксплуатации. Они практически не имеют ограничений на комплектацию импортными горелочными устройствами, что позволяет достичь высокого уровня автоматизации.

Основное достоинство водотрубных котлов – большая скорость движения воды, обуславливающая отсутствие необходимости в мощном оборудовании для химводоподготовки и применении промежуточного теплообменника.

Наряду с описанными выше классическими котлами жаро- и водотрубного типов сегодня на рынке предлагаются теплогенераторы оригинальных конструкций. Так, с 2004 г. заводом «Дорогобужкотломаш» выпускаются высокоскоростные котлы «Смоленск». Суть инновации – в применении трехходовой горизонтальной аэродинамической схемы (рис. 4), широко используемой в жаротрубных котлах. Первый ход газов образует топка, экранированная трубами; второй ход – обратное движение газов через первый конвективный пакет; далее – разворот на выход через второй конвективный пакет.

Идея создания такой «гибридной» конструкции пришла разработчикам после длительного анализа эксплуатации жаро- и водотрубных котлов. Оказалось, что главной проблемой явилась невозможность установки на последние современных длиннофакельных горелок.

Особенное расположение конвективной части котлов «Смоленск» над топкой позволяет оптимизировать ее размеры и устранить указанный недостаток, делая возможным также применение отечественных горелочных устройств с относительно коротким факелом (например, ГБЛ). При работе котла на газе его КПД достигает 94 %.

Другой пример интересной конструкции – пароконденсационные котлы, появ-

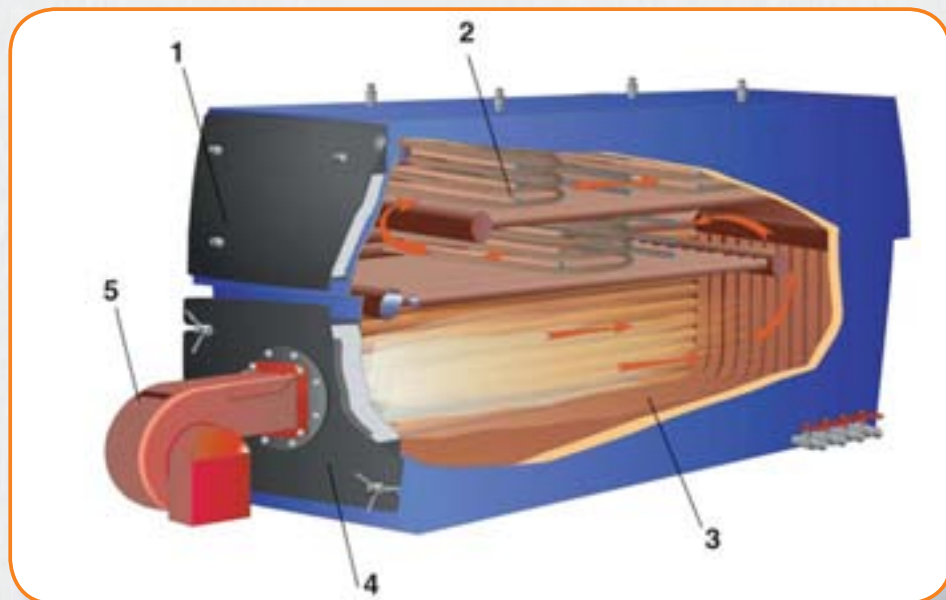


Рис. 4. Устройство трехходового котла «Смоленск»:

1 – крышка газохода; 2 – конвективный газоход; 3 – топочная камера; 4 – фронтальная камера; 5 – автоматизированное горелочное устройство

Таким образом получается одиннадцатый ход движения воды в циркуляционном контуре котла. Вода поступает в семь труб (три трубы внутренней окружности и четыре – наружной) первой секции нижней гидрокамеры, поднимается в первую секцию верхней гидрокамеры, затем опускается во вторую секцию нижней, опять поднимается во вторую секцию верхней и т. д. Из шестой сек-

оригинальных разработок назовем серии «Днепр» (мощность – от 2 до 4,5 МВт) и «Дорогобуж» (0,05–2,32 МВт) завода «Дорогобужкотломаш» (Смоленская обл.); «Термотехник» (0,25–0,9 МВт) завода «Энтророс» (Ленинградская обл.); «Турботерм» (0,11–7 МВт) группы компаний «Рэмэкс» (Московская обл.); Eurotherm завода «Вольф Энерджи Солюшен» (Смоленская обл.).

вившиеся на мировом рынке в конце 1990-х гг. в диапазоне мощностей от 100 до 2000 кВт. В частности, можно упомянуть вакуумный водонагреватель KDV южно-корейской компании Kyungdong boiler и водогрейный котел японской фирмы Takuma (о таком котле мы рассказывали в первом выпуске нашего журнала за 2009 г.). Примерно в то же время ОАО «Нижегородский машиностроительный завод» («НМЗ») разработало и испытало первый отечественный пароконденсационный котел КВа-0,32Гн («Флагман») мощностью 0,32 МВт, а в 2003 г. появился котел КВа-1,25 Гс (1,250 МВт).

Устройство пароконденсационного котла ОАО «НМЗ» показано на рис. 5. В нижней части его корпуса располагаются топка и дымогарные трубы, в верхней – пучки трубок теплообменников систем отопления и ГВС. Нижняя часть котла заполняется водой. Испаряясь при нагревании, она конденсируется на теплообменниках и, отдав тепло, стекает обратно.

Пароконденсационный котел работает по схеме нагрева теплоносителя котлового контура за счет теплоты продуктов сгорания топлива в топке и дымогарных трубах, парообразования в свободном от жидкого теплоносителя объеме котла, конденсации паров на поверхности трубок встроенного в единый корпус конденсатора и дальнейшей передачи тепла к теплоносителю нагреваемого контура.

В общем случае такой котел работает одновременно на две различные по временным и мощностным характеристикам нагрузки. Это накладывает определенные требования на систему регулирования.

При регулировании мощности по закону постоянства температуры в объеме котла ($T = \text{const}$) обе нагрузки регулируются независимо друг от друга. Поддержание требуемой температуры теплоносителя осуществляется на выходе котлов (котельных) внешними по отношению к котлу устройствами – регуляторами температуры или расхода. Ввиду того, что нагрев теплоносителя в греющем контуре котла осуществляется в замкнутом объеме ($V = \text{const}$), автоматически реализуется режим постоянного давления, незначительно превышающего атмосферное.

При работе котла только на теплоснабжение возможно прямое регулирование

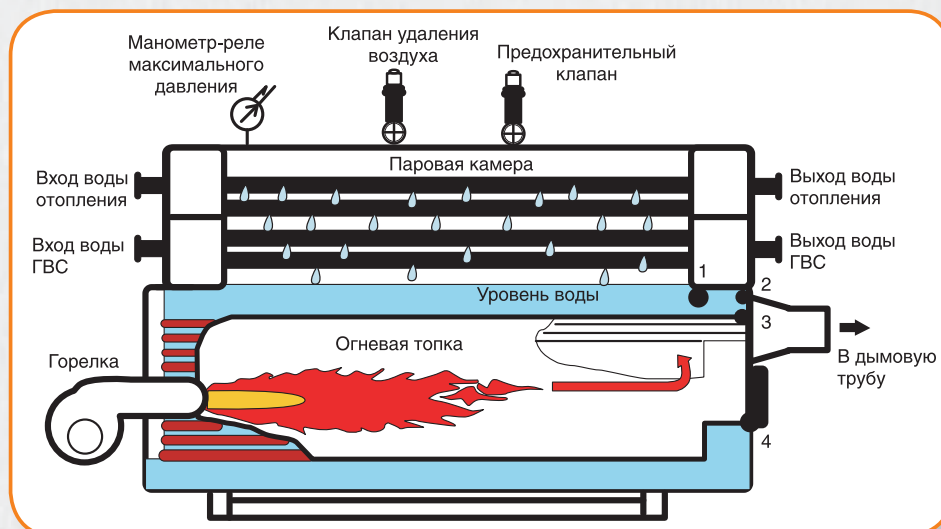


Рис. 5. Устройство водогрейного пароконденсационного котла:

1 – датчик уровня воды; 2 – датчик температуры; 3 – датчик перегрева; 4 – сигнализатор разрыва мембраны

температуры нагреваемой воды второго контура по тепловому графику, что приводит, однако, к образованию на частичных нагрузках в греющем контуре котла вакуума. Для работы в таком режиме котел должен быть герметичным.

Несменяемость теплоносителя в котле и низкое (до 0,07 МПа) внутрикотловое избыточное давление исключают кислородную коррозию и отложение накипи на поверхностях нагрева, опасность разрыва и повреждения котла от превышения давления; максимально снижаются затраты на водоподготовку.

Имея малые габариты и вес, пароконденсационный котел легко размещается в котельной (в том числе – транспортабельной), а встроенные бойлеры обеспечивают минимум площади котельной, занятой оборудованием. При этом не расходуется электрическая энергия на прокачку теплоносителя в греющем контуре, а также исключаются капитальные затраты на реализацию греющего контура (теплообменник, насос, трубы, автоматика).

Есть у пароконденсационного котла и проблемные вопросы, требующие своего решения. Один из важных факторов, негативно влияющих на работу такого котла, – попадание воздуха в паровой объем при отключенном котле и связанное с этим резкое снижение коэффициента теплоотдачи при повторном запуске. Известные зарубежные фирмы решают

данную задачу путем установки вакуумного насоса, включающегося по определенному алгоритму. Отсюда и распространенное название такого котла – «вакуумный водонагреватель».

Разработчики ОАО «НМЗ» предложили простейший (и не единственный) вариант удаления из котла неконденсирующихся газов с помощью регулируемого сбросного клапана, настраиваемого на избыточное давление 0,07 МПа, соответствующее предельной (115 °С) температуре чистого пара. При наличии в объеме котла воздуха его давление суммируется с давлением насыщения, достигаемым в процессе нагрева воды. Клапан открывается, и присутствующий в котле излишний воздух удаляется вместе с незначительным количеством пара. Отметим: даже без проведения каких-либо специальных мероприятий по повышению вакуумной плотности котла, его внутреннее давление сохраняется на уровне – 0,05 МПа примерно в течение суток. Немаловажна и проблема организации теплоотдачи при конденсации. Как уже говорилось, трубки бойлера-конденсатора котла КВа-0,32Гн выполнены с накаткой, что одновременно способствует дроблению сплошной пленки конденсата на капли и увеличению теплоотдачи по нагреваемой воде.

Отметим: пароконденсационные котлы ОАО «НМЗ» имеют сертификаты соответствия и разрешения Госгортехнадзора и эксплуатируются уже более 10 лет.



Благодаря термическому расширению металла при небольшой металлоемкости котлов на стенках водяных объемов не удерживается накипь. Процесс горения, проходящий с частотой 40 Гц, препятствует зашлаковыванию котла.

Котлы пульсирующего горения

Современный рынок отопительного оборудования предлагает широкий ассортимент продукции, включая котлы, работающие по принципу пульсирующего горения. В настоящее время котлы такого типа выпускают фирмы Fulton (США), Auer (Франция), ФГУП КРЭМЗ (Россия). Аппараты этих производителей различаются, в основном, частотой пульсации, устройством системы подачи в камеру сгорания газа и воздуха, а также мощностью и стоимостью.

Главными отличиями котлов пульсирующего горения следует считать:

- принцип работы, основанный на периодическом объемном (бесфакельном) сжигании газа (поэтому горелочное устройство, как отдельная составная часть, отсутствует);
- более интенсивное перемешивание компонентов горючей смеси (основная причина низкой эмиссии монооксида углерода); при сжигании жидкого топлива – его интенсивная газификация;
- отсутствие пространственно стационарных фронтов горения и, следовательно, сглаженных полей температур (основная причина низкой эмиссии оксидов азота);

- возникновение периодов времени, в которые давление в камерах сгорания может быть ниже атмосферного;

- генерацию акустических волн (шума пульсаций) со спектром, близким к Фурье-спектру, «прямоугольных» колебаний (приводит к усилению теплопередачи и уменьшению расхода газа).

Газовые котлы пульсирующего горения марки ПВ мощностью 100 и 400 кВт выпускаются Кимовским радиоэлектромеханическим заводом (Тульская обл.) с 2001 г. В 2004-м после устранения недоработок, выявленных при эксплуатации опытных образцов, начато их серийное производство.

Одно из основных преимуществ данных котлов – простота конструкции и, как следствие, минимальное техническое обслуживание (не более шести человеко-часов в год). Упрощенно принцип действия и конструкцию котла ПВ можно представить следующим образом.

С помощью вентилятора осуществляются продувка камеры сгорания и резонансных труб перед розжигом. Через воздушно- и газопульсирующий мембранные клапаны, расположенные в ресиверных камерах, в камеру сгорания поступают



Рис.1. Водогрейный котел ПВ

воздух и газ. С помощью автомобильной свечи зажигания осуществляются первичное воспламенение газозвушной смеси и кратковременное повышение давления, приводящие к возникновению акустических волн в резонаторе. Камера сгора-

ния совместно с резонаторными трубами образует объемный акустический резонатор Гельмгольца.

Когда давление в камере превышает давление в ресиверах, пульсирующие мембранные клапаны закрываются. При этом дальнейшее поступление газа и воздуха в камеру сгорания приостанавливается. Под избыточным давлением дымовые газы выходят из камеры сгорания и через резонаторные трубы и выхлопной коллектор выводятся в окружающую среду. Через определенное время давление в камере снижается, и пульсирующие клапаны открываются, впуская очередную порцию газа и воздуха. Приведенный цикл повторяется с частотой 35–50 раз в секунду. Устанавливается периодический автоколебательный процесс, именуемый пульсирующим горением. В таком режиме всасывание воздуха происходит благодаря периодическим полуволнам разрежения, а повторное воспламенение свежих порций газозвушной смеси осуществляется не от свечи, а остаточным пламенем, которое присутствует в камере сгорания от предыдущего цикла.

Процесс пульсирующего горения может продолжаться неограниченное время, пока не будет отключена подача топлива. Для включения и отключения подачи топливного газа служит электромагнитный клапан. Камера сгорания и резонансные трубы окружены водяной рубашкой, по которой движется нагреваемая вода. При достижении теплоносителем заданного верхнего значения температуры подача газа прекращается. При остывании воды до заданного нижнего значения температуры цикл розжига котла и горение снова повторяются. Таким образом в системе отопления поддерживается необходимая температура воды без снижения КПД котла, что дает значительную экономию газа.

Отвод продуктов сгорания осуществляется под давлением без дымохода и без использования самотяги дымовой трубы. Это приводит к уменьшению диаметра трубы (по сравнению с традиционными котлами), а ее высота зависит только от экологического расчета.

Котлы ПВ работают на газе низкого давления. Специальные датчики, отключающие подачу газа при выходе его давления за допустимые значения, не при-

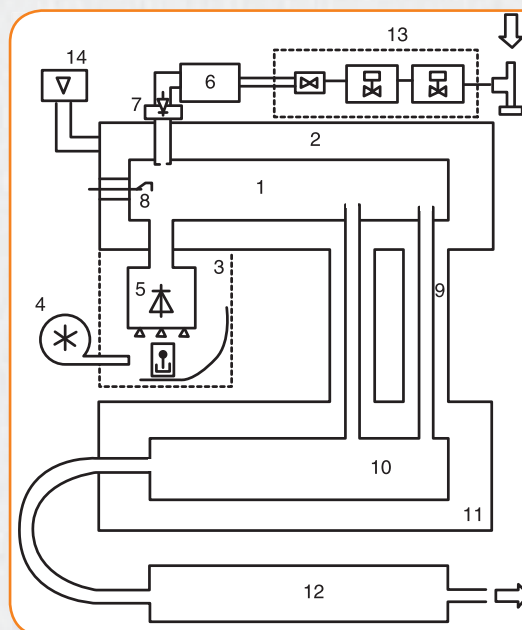


Рис. 2. Устройство котла ПВ-400:
1 – камера сгорания; 2 – корпус рубашки камеры сгорания;
3 – воздушный ресивер;
4 – вентилятор; 5 – воздушно-пульсирующий клапан; 6 – газовый ресивер; 7 – газопульсирующий клапан; 8 – запальная свеча;
9 – резонансно-выхлопные трубы в водяной рубашке;
10 – выхлопной коллектор;
11 – рубашка выхлопного коллектора; 12 – глушитель выхлопа; 13 – газовая линейка;
14 – предохранительный клапан

меняются. Если в момент розжига давление превышает допустимое, то запуск не произойдет из-за избытка горючего. Если давление выйдет за допуск во время горения, то в случае превышения из-за избытка газа котел погаснет, а при снижении – продолжит безопасную работу с теплопроизводительностью ниже номинальной. Это особенно важно, когда происходит падение давления газа в подающей магистрали, особенно в сильные морозы.

Электропотребление котла ПВ не превышает 110 Вт, питание идет только на блок автоматики и электромагнитный газовый клапан, не считая кратковременной (30 с) работы вентилятора перед запуском.

КПД котлов (96 %) обусловлен высоким, по сравнению с факельными аналогами, коэффициентом теплоотдачи от газов к стенке, отсутствием градиента температур в топке, высоким уровнем автоматизации подачи топлива и воздуха.

Основным элементом управления является входящий в состав котла блок автоматического контроля (БАК), разработанный на КРЭМЗ. Входной информацией для него является состояние датчиков горения, продувки, уровня, давления и температуры воды. На основании анализа входных данных блок включает необходимый режим работы котла, выдавая последовательность управляющих сигналов на вентилятор, узел зажигания и газовый клапан. В случае обнаружения аварийных ситуаций на диспетчерский пункт

выдается сигнал «Тревога». При пропадании напряжения во время подготовки к пуску или во время горения работа всех устройств приостанавливается, а после восстановления питания – автоматически возобновляется.

Для автоматического регулирования температуры воды в системе отопления, в зависимости от температуры воздуха на улице, предусмотрено использование блока автоматического управления (БАУ), поставляемого по отдельному заказу. Один блок обеспечивает такое регулирование в группе до шести котлов. Это позволяет при использовании ограниченного набора типовых котлов создавать котельные мощностью до 2,5 МВт и выше.

Небольшие габариты котлов (особенно ПВ-100), а также возможность установки двух котлов ПВ-400 друг на друга позволяют не только строить модульные котельные на малых площадях, но и при реконструкции действующих котельных устанавливать новые котлы без демонтажа старого оборудования, что приводит к значительному уменьшению капиталовложений.

В заключение – о недостатках. Колебания газовой среды с частотой 40 Гц находятся в звуковой зоне (длина волны – 1 м, тон – «низкий бас»). Это не позволяет погасить шум в пределах небольших габаритов агрегата. Кроме того, мембранные клапаны, обеспечивающие пульсирующее горение, делают невозможным применение жидкого топлива.



Использование дорогих материалов для изготовления теплообменников значительно увеличивает стоимость конденсационной техники. На другой чаше весов – повышение экономичности котлов, а значит, и уменьшение выбросов углекислого газа.

Конденсационные котлы в промышленной энергетике

В. Котлер, к. т. н.

Согласно информации Федеральной службы по тарифам средняя расчетная оптовая цена на газ в нашей стране в 2010 г. составит 2 391 руб./ тыс. м³. При этом если населению газ отпускается по 1 903 руб. за 1 тыс. м³, то остальным потребителям, включая промышленные и коммерческие предприятия, по 2 478 руб./ тыс. м³. Только за первый квартал стоимость подскочила уже дважды – с 1 января и с 1 апреля. В этих условиях любое мероприятие, позволяющее повысить КПД котлов хотя бы на один процент и тем самым уменьшить расход топлива, должно с интересом рассматриваться любым владельцем промышленной или отопительной котельной.

Конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания топлива, традиционно была «головной болью» котлостроителей: за счет растворения в конденсате диоксида углерода образуется агрессивная среда, вызывающая интенсивную коррозию стали, из которой изготавливали поверхности нагрева. Еще более возрастает опасность коррозии в

случае использования серосодержащего топлива, когда в продуктах сгорания присутствуют оксиды серы.

В то же время разработчики давно привлекала идея использования той части теплоты сгорания топлива, которая затрачивается на испарение содержащейся в нем влаги и составляет порядка 10 %. Так, в 50–60-х годах прошлого века в Советском Союзе были созданы контактные водонагреватели, конструкция которых, включающая керамические элементы, обеспечивала использование тепла конденсации. Правда, нагреваемая вода в таких аппаратах напрямую контактировала с продуктами сгорания топлива, осложняя применение этих котлов.

В 1990-х годах разработчики котлов решили воспользоваться достижениями металлургов, получивших к тому времени отличающиеся высокой коррозионной устойчивостью марки стали с присадками хрома, никеля и молибдена. В результате на рынке появились конденсационные котлы. В лучших из них удалось прибли-



Рис. 1

зиться к максимально возможному повышению КПД, которое при сжигании природного газа и солянки составляет около 11 и 6 % соответственно.

Владельцам крупных котельных внедрение конденсационных технологий позволяет сэкономить значительные объемы топлива. При этом не обязательно использовать специальный котел – можно

дооснастить действующую котельную внешним теплообменником. Сегодня теплообменные аппараты для организации режима конденсации серийно выпускаются некоторыми зарубежными фирмами. На отечественном рынке представлены конденсационные экономайзеры Totaleco французской компании Ygnis. Их конструкция включает трубчатый теплообменник, помещенный в кожух из листовой стали с эффективной теплоизоляцией. Нижний газосборный коллектор также изготовлен из «нержавейки». Аппарат снабжен двумя люками для обслуживания теплообменных поверхностей. Кроме базовой, выпускается модель с двухступенчатым теплообменником (вторая ступень – для ГВС), а также модель, укомплектованная дымососом. Серия включает 12 типоразмеров и позволяет подобрать теплообменник для котла мощностью от 95 до 6470 кВт.

Немецкая фирма Viessmann изготавливает конденсационные теплообменники Vitotrans 300 для котлов мощностью от 80 до 6600 кВт. При производстве этих теплообменников используется специальная сталь, доказавшая высокую надежность в среде кислых конденсатов. В зависимости от модели в этих теплообменниках применены поверхности Inox-Crossal или Inox-Tubal.

В первом случае речь идет о плоских профилированных поверхностях (рис. 1). Наклонные выпрессовки чередующихся стенок ориентированы крестообразно по отношению друг к другу, что обеспечивает интенсивную турбулизацию газового и водяного потоков. Благодаря высокой эффективности теплообмена температура уходящих газов всего лишь на 5–15 °C выше температуры воды в обратной магистрали. Теплообменные поверхности Inox-Crossal ориентированы вертикально, поэтому выпадающий конденсат беспрепятственно стекает вниз. Повторное испарение выпавшего конденсата полностью исключается. Стекающая конденсатная пленка непрерывно омывает теплообменные поверхности, попутно очищая их. Поверхности Inox-Tubal выполнены в виде вертикально ориентированного пучка трубок со спиралевидным оребрением. Теплообменниками Vitotrans 300 с поверхностями Inox-Crossal оснащаются газовые котлы мощностью от 80 до 1750 кВт, а с поверхностями Inox-Tubal – от 1860 до 6600 кВт.

Есть на рынке и котлы со встроенными конденсационными теплообменниками. Например, установки серии Vitocrossal 300 (Viessmann) мощностью от 787 до 978 кВт, в которых применены теплообменные поверхности Inox-Crossal, а также котлы Ecogas итальянской фирмы Carbofuel Officine Meccaniche номинальной мощностью от 100 до 500 кВт.

Конденсационные теплообменники котлов Ecogas имеют двухступенчатую конструкцию. Первая ступень располагается в верхней части модуля и состоит из горизонтального пучка биметаллических труб с литыми алюминиевыми ребрами. Эта часть теплообменника предназначена для рекуперации обычной теплоты уходящих газов. Вторая ступень, конденсационная, находится в нижней части аппарата и представляет собой пучок гладких труб из нержавеющей стали марки AISI 316. Тепло от обеих ступеней используется для предварительного нагрева поступающей в котел воды.

Понятно, что эффективность режима конденсации будет зависеть от схемы гидравлического подключения водогрейного котла и уровня температур в обратной магистрали. Если, например, система отопления рассчитана на низкие рабочие температуры (система «теплый пол» с температурой в обратной магистрали +30 °C), котел будет работать в режиме конденсации круглый год. Но и в обычных радиаторных системах температура в обратной магистрали большую часть года оказывается ниже точки росы, и котел длительное время может работать в конденсатном режиме.

На рис. 2 графически показан пример оценки дополнительного тепла, получаемого при различной температуре в обратной магистрали (данные Viessmann). Зеленая линия на графике – потери с уходящими газами при работе без конденсации (при температуре «обратки» 45 °C – 7,5 %); желтая – те же потери, но с учетом конденсации (при той же температуре – 1,9 %); синяя – дополнительное тепло, получаемое за счет конденсации (при температуре в обратной магистрали 45 °C – 6,2 %). И, наконец, красная кривая – общее дополнительное тепло, получаемое как от снижения потерь, так и от конденсации водяных паров. Количество дополнительного тепла для режима с температурой в обратной магистрали, равной 45 °C, можно подсчитать следующим образом:

$$6,2 + (7,5 - 1,9) = 11,8 \%$$

В тех случаях, когда температура теплоносителя в обратной линии недостаточно низка, чтобы обеспечить конденсацию водяных паров в дымовых газах, котел можно оборудовать дополнительным теплообменником, представляющим собой простейший воздухоподогреватель. Охлаждаясь в этом теплообменнике до температуры ниже точки росы (около 47 °C), продукты сгорания отдают скрытую теплоту парообразования воздуху, а нагретый воздух поступает к горелке, улучшая процесс горения.

Содержание водяных паров, образующихся при сжигании жидкого топлива, меньше, чем при сжигании газа. Поэтому дополнительный выигрыш за счет использования теплоты конденсации получается существенно меньше: 5–7 % вместо 11.

И еще: даже при незначительном содержании серы в жидком топливе конденсат становится более агрессивным. Это повышает требования к коррозионной стойкости поверхностей теплообменника и, кроме того, делает обязательной нейтрализацию полученного конденсата перед его применением или сбросом в систему канализации.

Впрочем, нейтрализация конденсата требуется и при работе котла на природном газе, если тепловая мощность данного агрегата превышает 200 кВт.

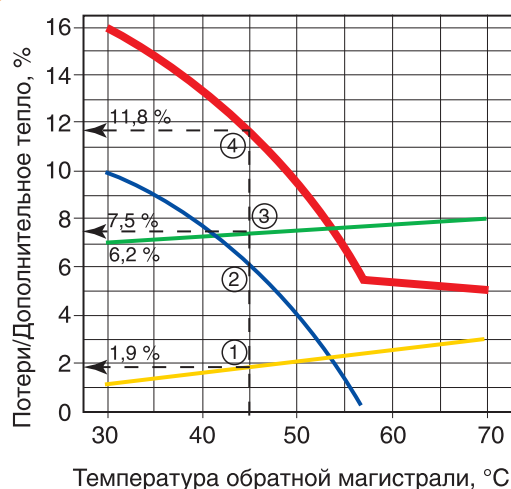


Рис. 2



Представительство южнокорейской фирмы Booster CO., LTD поставляет на российский рынок и в страны СНГ водогрейные котлы мощностью от 70 до 4200 кВт. Линейка паровых котлов включает модели производительностью от 100 до 3000 кг/ч, рассчитанные на работу при давлении до 16 бар.

Высокотехнологичные котлы из Кореи

В производственной программе Booster – компактные, полностью автоматизированные котлоагрегаты, оборудованные контрольно-измерительной аппаратурой и готовые к работе сразу же после подключения к электросети, присоединения дымохода и трубопроводов прямой и обратной линий сетевых нагрузок. Выход на номинальный режим работы – всего через 5–8 мин после пуска.

Одно из интересных решений, реализованных компанией, воплощено в вакуумных водогрейных конденсационных котлах Booster. Принцип их работы основан на передаче тепловой энергии пара встроенным теплообменникам вторичных контуров системы отопления и ГВС, изготовленным из нержавеющей стали. Поскольку при разряжении парообразование происходит при меньшей температуре, становится возможным использовать тепловую энергию пара при температуре до 90 °С.

Пароводяная смесь по подъемным экранным трубам подается в сборную камеру прямоугольного сечения, откуда отсепарированный пар поступает в паровой объем к двум теплообменникам контуров отопления и ГВС (их мощность – от

20 до 80 % мощности котла). Тепло пара передается поверхностям теплообменников, а образующийся конденсат стекает в водный объем сборной камеры и вместе с котловой водой поступает по опускным экранным трубам в нижний коллектор. При этом нижний коллектор, подъемные топочные трубы, верхний сборный коллектор и опускные экранные трубы образуют замкнутый контур естественной циркуляции.

Такое конструктивное решение полностью сняло проблему подготовки котловой воды: при пусконаладке в котел один раз заливается подготовленная вода, требуемый объем которой на порядок ниже, чем в традиционном водогрейном котле. В безнакипном режиме такая система служит многие десятилетия.

Типоряд водогрейных котлов Booster включает 33 модели мощностью от 0,07 до 4,2 МВт.

Парогенераторы Booster представляют собой системы прямоточного производства пара, что является одним из типов водотрубных котлоагрегатов, в конструкции которых отсутствует барабан. Отметим, что избыточный объем воды в обычных паровых котлах многократно

увеличивает время ее нагревания (выход на номинальный режим работы), а также приводит к потерям энергии на поддержание постоянной температуры большого объема воды при остановках.

Паровые котлы Booster способны выдавать от 100 до 3000 кг насыщенного пара в час (в зависимости от модели) всего через пять минут после пуска. Максимальное рабочее давление пара – до 16 бар. Такое высокоскоростное производство пара позволяет существенно снизить расход топлива. Комплект поставки состоит из котла с сепаратором и двумя предохранительными клапанами, контрольно-измерительных приборов, горелки и системы автоматики.

Полная комплектация водогрейных и паровых котлов Booster, включающая в себя газовую, жидкотопливную или комбинированную горелку, удобную систему диспетчеризации и другое вспомогательное оборудование, а также малые массогабаритные характеристики, быстрый выход в рабочий режим, низкие эксплуатационные затраты, высокое качество продукции и доступная цена – лишь часть очевидных конкурентных преимуществ котлов Booster.



BOOSTER CO., LTD
надежные паровые
и водогрейные котлы

Бережем природу



Сохраняем деньги

www.booster-rus.ru
www.booster.co.kr

Реклама. Товар сертифицирован.



Представительство в РФ и странах СНГ
Адрес: 109004, Российская Федерация, Москва,
ул. Александра Солженицына, 31/1
Телефон: +7 (495) 911-6496; 912-1014; 912-1793; 912-3246
E-mail: sales@booster-rus.ru, kymms28@hotmail.com



Booster Co., LTD - Korea
Адрес: 1142 Naeon-d, Iwol-dong, Jincheon-gun,
Chungcheongbuk-do
Телефон: 82-43-534-2005~6, 82-43-534-9107~8
Факс: 82-43-534-9109



Опыт адаптации европейских горелок к водотрубным котлам

Установка на отечественные котлы современных высокоавтоматизированных короткофакельных горелок ведущих мировых производителей – один из наиболее эффективных способов модернизации котельного оборудования. Таким путем сегодня идут многие компании – как при строительстве новых котельных, так и при реконструкции существующих. Эта статья рассказывает о том, как была решена проблема адаптации горелок Weishaupt к котлам БикЗ.

В настоящее время в России, по различным оценкам, работает от 50 до 70 тыс. котлов, произведенных Бийским котельным заводом. Несмотря на изменение топливной конъюнктуры в целом, спрос на газомазутные котлы производства ОАО «БикЗ» сегодня не уменьшился. При этом основной объем производства, помимо унифицированных для различных видов топлива котлов ДКВр, приходится на моноблочные паровые котлы ДЕ (ДЕВ), КЕ (КЕВ), ДСЕ, Е и КВЕ.

Ранее для сжигания топлива в топках вышеперечисленных котлов применялись

российские регистровые горелки ГМГм, ГМ, ГМП и РГМГ, работающие по принципу диффузионного смешивания, когда турбулизация и закручивание потока воздуха достигаются путем установки в горелки лопаточного регистра. Многолетняя эксплуатация этих горелок показала как положительные, так и отрицательные особенности их работы. Перечислим некоторые моменты.

- Закручивание потока воздуха резко сокращает подготовительную стадию горения (подогрев и воспламенение топлива) и активно способствует дого-

ранию коксовых частиц. Одновременно с этим возникает значительная неравномерность распределения тепловых потоков по длине факела. При работе горелок ГМ максимум излучения расположен в головной части топки. По мере выгорания топлива тепловые потоки снижаются и в конце топочной камеры в 2–2,5 раза ниже первоначальных потоков. Коэффициент тепловой эффективности экранов в начале топки составляет 0,68–0,64 при среднем значении 0,44–0,576.

- Величина максимальных тепловых потоков и их местоположение определя-

ют требования к параметрам и условиям работы среды в циркуляционном контуре котла.

- При сжигании мазута температура в локальной зоне горения превышает пороговый уровень (1550 °С), после которого начинается интенсивное окисление атомарного азота. Содержание NO_x в уходящих газах превышает 500 мг/м³ (котел ДЕ-10-14ГМ).

- Несовершенство подвода воздуха в регистровую часть горелки приводит к значительной скоростной и расходной неравномерности на выходе из горелки. Горение в одних зонах затягивается, и нарушается симметрия факела относительно оси котла. Коэффициенты избытка воздуха в других зонах намного превышают расчетные величины, иногда происходит касание факелом задней стенки котла и затягивание факела в конвективный пучок.

- Для распыления жидкого топлива в регистровых горелках используются паромеханические форсунки, что требует дополнительного расхода пара на собственные нужды. Основным недостатком таких форсунок является изменение внешней формы и внутреннего строения факела с изменением давления подачи топлива. При неизменной эпюре распределения скоростей воздушного потока изменение характеристик топливного факела приводит к качественному ухудшению сжигания топлива.

- Уровень автоматизации управления процессом сжигания топлива ограничивается только защитными и показывающими функциями.

Российские производители горелок последние десятилетия практически не проводили работы по модернизации и автоматизации процессов сжигания на своих горелках. В 1990-х гг. началось активное продвижение на отечественный рынок современных горелок различных европейских и мировых производителей, предназначенных в основном для жаротрубных котлов.

До дефолта 1998 г. внимание европейских производителей горелок к российским водотрубным котлам было незначительным. Эпизодические попытки применения современных зарубежных горелок на них сталкивались с постоянной проблемой несоответствия габаритов факела

размерам камеры сгорания котла.

В Европе в настоящий момент практически отсутствует производство водотрубных промышленных котлов, и поэтому все горелки проектируются и производятся для работы с наддувными жаротрубными котлами.

По своим техническим характеристикам стандартные европейские горелки являются длиннофакельными и не приспособлены для водотрубных котлов с короткими топками, работающими под разрежением. На одном из рисунков к статье представлен неудачный пример применения стандартной длиннофакельной горелки. Даже кратковременная работа котла ДЕ-6,5 с данной горелкой на мощности 50 % от номинальной привела к прогоранию задней стенки котла.

Изменение экономической ситуации в 1998 г. и значительное увеличение заинтересованности заказчиков в покупке привычных и доступных отечественных водотрубных котлов потребовали от западных производителей горелочных устройств оперативных мероприятий по адаптации к ним своих горелок. В 2000 г. компания «Рационал» и Институт исследований и развития завода Weishaupt утвердили программу по модернизации и адаптации горелок к котлам БИКЗ. В течение нескольких лет необходимо было решить следующие задачи:

- разработка, испытание и серийное производство нового смесительного устройства для равномерного распределения факела горелок по объему камеры сгорания в коротких топках водотрубных котлов;

- достижение оптимально низких эмиссионных показателей при сжигании различных видов топлива и стабильной автоматизированной работы горелок во всем диапазоне мощности водотрубных котлов;

- внедрение в серийное производство новых горелок с коротким факелом для всех типоразмеров котлов БИКЗ.

В 2001 г. была создана рабочая группа специалистов и проведены переговоры с



руководителями и ведущими специалистами БИКЗ, письменно зафиксированы намерения и план совместной работы по адаптации горелок.

В дальнейшем основной проблемой стала организация испытаний новых образцов горелок. На заводе Weishaupt отсутствовал стенд для испытания горелок для водотрубных котлов; возможности установить котлы БИКЗ в Германии также не представлялось.

Было принято решение провести тестирование горелок малой мощности (G, GL, L5 на котле E-1,0-0,9) на испытательном стенде в Бийске, а горелок других типов – на котле ДЕ-10 в котельной БИКЗ, а также на котлах вновь вводимых котельных. Предстояла сложная работа по продаже новых горелок с одновременным согласованием с заказчиками их предстоящих испытаний с различными типами смесительных устройств.

Большинство клиентов дали такое согласие, и в 2001–2004 гг. состоялись испытания новых горелок практически на всех типоразмерах котлов ДЕ и ДКВр.

В 2001 г. был реализован и первый проект с установкой газодизельных горелок Weishaupt на двух котлах ДЕ-25: одному новосибирскому предприятию потребовалась технологическая паровая котельная с очень точным плавным регулированием расхода пара для производства медикаментов. Гарантировать это с помощью российских горелок оказалось невозможно. Модуляционные горелки RGL60 обеспечили стабильную работу котлов в диапазоне от 2,5 до 10 т/ч с предельно точным плавным регулированием мощности горелки в соответствии с требуемым расходом пара.

На данном объекте реализованы все современные системы регулирования и управления. Например, частотное регулирование двигателя дымососа обеспечило дополнительную экономию 35 % расходов на электроэнергию. Котельная в Новосибирске работает в безаварий-



Результат применения длиннофакельной горелки на котле ДЕ-6,5



Факел стандартной горелки



Факел горелки в исполнении SF

ном, полностью автоматизированном режиме.

В 2002 г. в лабораторию БИКЗ доставлена двухступенчатая дизельная горелка L5 для проверки принципиально нового смесительного устройства (исполнение SF). Был изготовлен макет стенки котла E-1,0-0,9, а условия горения на испытательном стенде максимально приблизили к условиям в топке котлов, работающих под разрежением.

Новое смесительное устройство для горелки L5 разработано и изготовлено с учетом практического опыта БИКЗ в производстве и эксплуатации российских горелок. В течение двух месяцев проходили испытания на стенде и доработка нового смесительного устройства. Работа дала первые положительные результаты: факел горелки стал короче на 30–40 %, воспламенение топлива и горение на всех режимах работы горелки были стабильными и качественными.

Горелку L5 в исполнении SF смонтировали на водотрубном паровом котле E1,0-0,9 в испытательной лаборатории БИКЗ, где в течение нескольких месяцев проходили ее дальнейшие тестирование и доработка, адаптация размеров факела к размерам топочного пространства.

После настройки горелки на всех эксплуатационных режимах и полной режимной наладки котла при работе на дизельном топливе получены следующие результаты: КПД – 92 %, эмиссия NO_x – не более 150 мг/м^3 . Результаты испытаний, режимная карта котла были переданы инженерам Weishaupt для окончательной доработки новых горелок и дополнительных испытаний на стендах в заводских условиях.

В конце 2002 г. завершен и утвержден БИКЗ и Weishaupt окончательный подбор горелок для всех типоразмеров паровых котлов ДЕ и ДКВр, проведенный на всех видах топлива: природном, сжиженном газе, дизельном топливе, мазуте и нефти. Далее конструкторский отдел БИКЗ начал разрабатывать проекты установки горелок Weishaupt (исполнение SF) на все типоразмеры котлов ДЕ и ДКВр.

В 2003 г. требовалось в короткие сроки внедрить в серийное производство 44 типа короткофакельных горелок для сжигания разных топлив. Возникла необходимость в ускорении процесса разработки, проектирования и изготовления новых смесительных устройств горелок.

Была создана инженерно-конструкторская группа, для работы в которой пригласили ведущих российских специалистов в области горелочных устройств. С этого момента разработка прототипов и основные проектные решения стали выполняться в России. Появилась возможность для каждого типоразмера горелок разрабатывать одновременно несколько вариантов опытных смесительных устройств. К концу года их изготовление также было организовано в нашей стране. Работу российских специалистов координировали инженеры Weishaupt.

В середине 2003 г. в котельную БИКЗ доставили мазутную горелку RMS70 для испытаний на котле ДЕ-10-14. На данном агрегате планировалось испытание нескольких вариантов смесительных устройств для тяжелого жидкого топлива. Сжигание мазута требует большого топочного пространства; возникла необходимость максимально расширить факел и использовать ширину и высоту топки.

В конце того же года в Россию прибыла группа инженеров из Института исследований и развития Weishaupt. Немецкие специалисты совместно с российскими коллегами провели комплексные испытания новых смесительных устройств в Кемерове – на котлах ДЕ-4, ДЕ-6,5 и Бийске – на котле ДЕ-10. Первоначально были опробованы стандартные устройства смешивания, что в очередной раз подтвердило невозможность их применения на водотрубных котлах: уже при 40–50 % номинальной мощности факел доставал заднюю трубную стенку котла.

На испытаниях горелок G11 и RGL11 на котле ДЕ-6,5 в Кемерове прошли проверку три опытных варианта смесительного устройства SF. Испытания проводились в модуляционном режиме на всех эксплуатационных мощностях котла при работе на газе и дизтопливе. В результате было выбрано устройство 2SF, которое в дальнейшем дорабатывалось для горелок типоразмеров G, GL, RGL, L7-11. Факел, равномерно распределяясь по объему топки, не касался стенок водотрубного котла. При работе на газе КПД котла составил 93 %, выбросы NO_x – 85 мг/м^3 ; при сжигании дизтоплива соответствующие показатели оказались равными 91 % и 160 мг/м^3 .

Предварительные испытания в Бийске различных вариантов смесительных устройств, проведенные на дизельном



$$1 + 3 = 7$$

CO CO_{low}
NO₂ NO_{low}
NO SO₂

Экономичное решение для измерения выбросов - новый 4-х сенсорный газоанализатор testo 340

- Онлайн измерения до 2-х часов
- Параллельное измерение скорости потока дымовых газов с расчетом массовых выбросов
- Большой выбор измеряемых параметров
- Максимальная гибкость при выборе сенсоров

топливе и на мазуте, показали, что исполнение 1SF позволяет сократить длину факела на 30–40 %, но требовалась дополнительная его доработка для стабильного поджига топлива.

В течение 2004 г. продолжалась целенаправленная работа по окончательной доработке новых вариантов смесительных устройств 1SF и 2SF для короткого факела. Поскольку задача по адаптации факела к топкам водотрубных котлов была практически решена, основное внимание уделялось решению задач стабильного поджига горелок и полному сгоранию топлива на всех эксплуатационных режимах работы котла с достижением максимально возможного диапазона модулируемого регулирования горелок. Были закончены проекты привязки ряда горелок и проведены их испытания на котлах Е-1,0-0,9, ДЕВ-1,4, ДСЕ-2,5, ДЕ-4, ДЕ-6,5, ДЕ-10, ДКВр-2,5, ДКВр-6,5, ДКВр-20.

Испытания мазутной горелки RMS70 на котле ДЕ-10 в котельной БИКЗ дали следующие результаты: содержание СО в дымовых газах – 0–3 ppm, остаточного кислорода – 3,5–4,5 %; сажевое число – 1–3; КПД котла – 90 %; достигнутый коэффициент регулирования – 1:7.

В начале 2004 г. стартовало серийное производство газовых и дизтопливных горелок исполнения SF мощностью до 1190 кВт, а в конце года – до 4750 кВт. Также были завершены испытания горелок мощностью до 10 900 кВт.

В 2005 г. испытания по адаптации горелок Weishaupt к водотрубным котлам БИКЗ были закончены, организовано их серийное производство для всех основных типоразмеров котлов ДЕ и ДКВР.

За четыре года совместной работы российских и немецких специалистов было проведено 38 штатных испытаний новых горелок на разных типах водотрубных котлов, разработано и изготовлено 54 варианта пробных смесительных устройств. Бюджет расходов по этим работам составил около 1 млн 200 тыс. евро.

Накопленный объем эксплуатационных результатов позволяет говорить о следующих преимуществах применения современных европейских горелок на водотрубных отечественных котлах.

1. Экономия энергоресурсов (топливо и электроэнергия) – за счет снижения потерь тепла с уходящими газами и более полного сгорания топлива (прирост КПД – 2,5–3 %); применения современных систем регулирования; отсутствия подтекания жидкого топлива благодаря конструктивным особенностям форсунок; уменьшения расхода пара на собственные нужды (сажеобдувка, распыл жидкого топлива и прочее).

2. Повышение уровня автоматизации: применение систем микропроцессорного регулирования; поставка горелок со шкафами управления и безопасности котла; возможность регулирования по остаточному кислороду, частотного управления двигателями горелки и дымососа, передаче данных по цифровым каналам связи.

3. Увеличение срока службы оборудования – за счет ограничения максимального теплового излучения в топочной камере котла (не более 105–110 % среднего значения), существенно снижающего требования к циркуляционному контуру котла; равномерного распределения факела по всей камере сгорания котла; увеличения в 2,5–3 раза межремонтного срока эксплуатации экранов топки, труб котельного пучка и экономайзера.

4. Снижение экологически вредных выбросов с дымовыми газами в 1,5–2 раза, в частности, за счет уменьшения температуры в ядре горения (максимальное значение – 1350–1480 °С).

5. Повышение удобства обслуживания и эксплуатации, в том числе – за счет блочного исполнения горелок.





Важное преимущество топок слоевого сжигания перед камерными заключается в том, что они могут быть установлены на жаротрубных котлах, в то время, как факельное сжигание применяется только для водотрубных.

Уголь – перспективное топливо для котельных и мини-ТЭЦ

В. Котлер, к.т.н., Д. Сосин

В наши дни для российских потребителей, нуждающихся в автономном источнике тепловой и (или) электрической энергии, самым привлекательным видом топлива является, безусловно, природный газ. Он значительно дешевле всех видов жидкого топлива, а в отличие от более дешевого угля не требует сооружения специальных установок для разгрузки и подготовки топлива к сжиганию. К тому же использование газа освобождает владельца котельной или мини-ТЭЦ от забот, связанных с очисткой дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу.

Но вопрос о выборе вида топлива актуален только для регионов, вблизи которых пролегают газовые магистрали. Во многих случаях отсутствие газовой инфраструктуры является непреодолимым

препятствием для использования газа. Кроме того, будущие владельцы энергопредприятия должны учитывать перспективу: цены на природный газ будут подниматься опережающими темпами даже в России, так как себестоимость добычи газа постоянно растет и, согласно мнению многих экономистов, низкие цены на газ внутри страны приносят нашей экономике больше вреда, чем пользы.

И еще один немаловажный фактор, который необходимо учитывать при долгосрочном планировании: по данным Института энергетических исследований Российской академии наук за последние 150 лет из недр Земли извлечено 33 % экономически доступной части разведанных запасов нефти, 14 % газа и только 4 % угля. В этом же исследовании сообщается,

что без разработки принципиально новых методов добычи органического топлива уже через 10–15 лет следует ожидать снижения роста добычи нефти, а газа – через 20–25 лет. Если еще учесть, что приоритетными областями использования жидкого топлива являются транспорт, химические технологии и коммунально-бытовой сектор, то становится вполне оправданным выбор твердого топлива при сооружении крупных промышленных котельных и мини-ТЭЦ.

Если при выборе топлива предпочтение отдано углю, то возникает второй вопрос: какие топочные устройства выбрать для котла: с факельным сжиганием или со слоевой топкой? При факельном сжигании легче организовать эффективное и практически полное сгорание топлива.

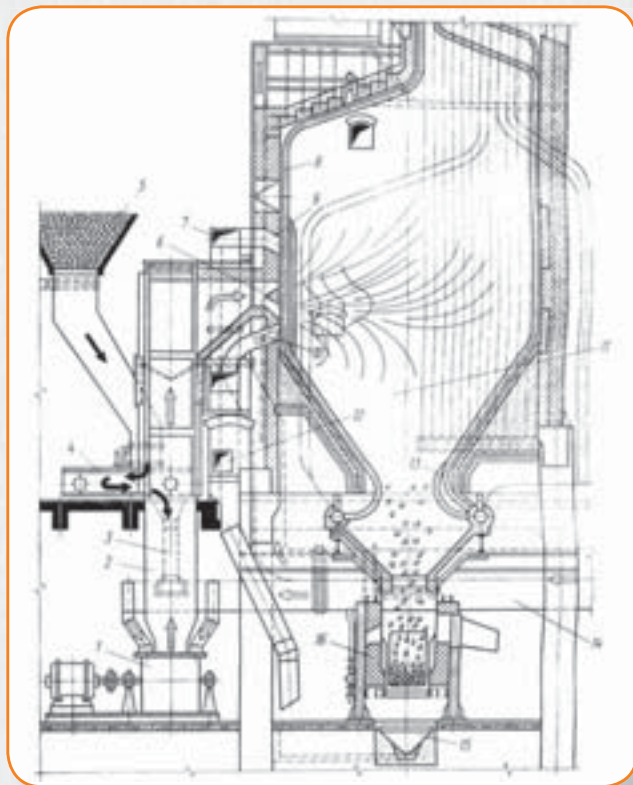


Рис. 1 – Топка для факельного сжигания с молотковой мельницей для размола и подсушки топлива
1-шахтная мельница; 2-сепарирующая шахта; 3-трубопровод подачи горючего в мельницу; 4-скребковый питатель; 5-топливный бункер; 6-амбразура (вход аэропыли в топку); 7-подвод воздуха; 8-фронтальный экран; 9-верхние шлицы; 10-нижние шлицы; 11-топочная камера; 12-растопочный муфель; 13-холодная воронка; 14-подвод горячего воздуха в мельницу; 15-канал гидрозолоудаления; 16-шлаковая шахта

Повышается маневренность котла, увеличиваются возможности автоматизации работы котельной установки и исчезают ограничения по максимальной паропроизводительности (в России уже много лет на Костромской ГРЭС работает котел паропроизводительностью 3950 т/ч).

Но все эти преимущества можно реализовать только при подаче в топку угольной пыли, которая сгорает в топочной камере, находясь в потоке газов во взвешенном состоянии. Следовательно, для организации факельного (или, как иногда говорят, камерного) сжигания необходимо дополнительное оборудование, позволяющее получить угольную пыль из кускового угля, поставляемого с шахт или разрезов. Превращением кускового топлива в угольную пыль достигается многократное увеличение поверхности

реагирования. Благодаря этому улучшаются условия воспламенения, а мелкие пылинки размером до 200 мкм успевают полностью (или почти полностью) сгореть за те несколько секунд, в течение которых они движутся от горелки на входе в топочную камеру до выхода из топки (в конвективные поверхности нагрева, где процесс горения уже заканчивается, но горячие дымовые газы и коксовые частицы продолжают отдавать тепло котельным трубам).

Подготовка топлива для камерного сжигания предполагает несколько этапов: грубое дробление (от поставщика может поступать уголь с размером кусков 200–300 мм); сушка топлива (имеются угольные месторождения с влажностью по массе свыше 50 %) и собственно размол – получение пыли с размером частиц в несколько десятков микрон.

Размол и сушку топлива часто совмещают в одном устройстве, которое называется мельницей (рис. 1). В нее поступает из бункера дробленый уголь, а из воздухоподогревателя за котлом – подогретый воздух. Именно этот горячий воздух (а иногда его смесь с рециркулирующими дымовыми газами) обеспечивает сушку топлива и транспортировку полученной угольной пыли от мельницы до горелки.

В промышленных котельных, оборудованных теплогенераторами с камерными топками, чаще всего используют простейшую схему пылеприготовления: уголь-

ный бункер, питатель сырого угля (ПСУ), мельница, горелка. Это так называемая «схема прямого вдувания» годится не для всех топлив: при сжигании малореакционных топлив – тощих углей, антрацита – приходится применять более сложные схемы с промежуточным бункером пыли. На привод ПСУ и углеразмольной мельницы тратится электроэнергия. Для разных марок углей расход составляет от 10 до 20 кВт·ч/т.

Все это заставляет в некоторых случаях отказаться от высокоэффективного факельного сжигания и вернуться к более простому слоевому методу сжигания угля, весьма популярному на протяжении всего XX века.

Топки с плотным слоем (имеются еще и топки с кипящим слоем, о которых речь пойдет позже) очень удобны для котлов малой и средней мощности. Они просты в эксплуатации, пригодны для различных марок угля, не требуют больших объемов. Главные достоинства слоевых топок – отсутствие необходимости в дорогостоящих пылеприготовительных устройствах и относительно небольшой расход электроэнергии на собственные нужды.

В отличие от топок с факельным процессом горения, слоевые топки предназначены для сжигания кускового топлива. В современных котлах механизированы все три стадии организации топочного процесса: подача топлива на решетку, перемещение кусочков топлива относительно друг друга и колосниковой решетки, и, наконец, удаление из топки образо-

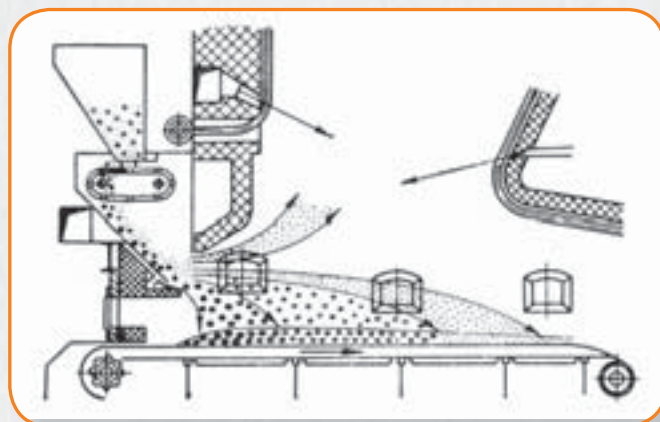


Рисунок 2 – Схема топki с низконапорным пневматическим забрасывателем и цепной решеткой прямого хода системы ВТИ-Комега

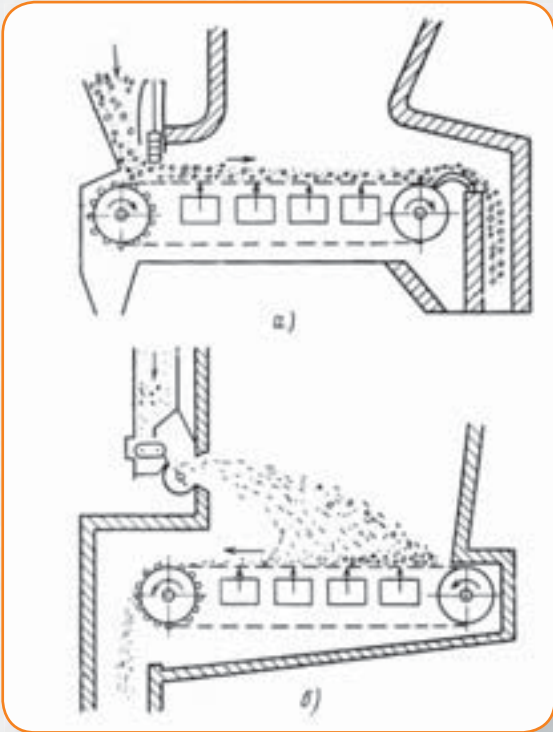


Рис. 3 – Механические топки с колосниковыми решетками
а) прямого хода, б) обратного хода

вавшегося шлака. Воздух, как правило, подается под решетку, а топливо чаще всего забрасывается сверху с помощью забрасывателей. Последние подразделяются на механические, пневматические и пневмомеханические.

При попадании на слой горящего кокса свежее топливо прогревается, из него испаряется влага и выделяются летучие. Горение кокса происходит на поверхности кусочков, а образующийся из минеральной части шлак оказывается в нижней части слоя, охлаждаясь поступающим снизу воздухом. Фактически шлак защищает решетку от перегрева, а также подогревает и равномерно распределяет воздух по слою. Этот воздух называют первичным, в отличие от вторичного, который в виде струй вдувается в надслоевое пространство, где необходим кислород для дожига газовых продуктов неполного горения (CO , H_2).

Главным элементом слоевых топок являются, безусловно, механические решетки различного типа, обеспечивающие почти полное выгорание кускового топлива (рис. 2). В простейших механических топках с цепными решетками топли-

во непрерывно перемещается вместе с колосниковой решеткой. Встречаются решетки прямого и обратного хода: в первом случае (рис. 3) полотно с топливом перемещается от фронта к задней стенке, а во втором случае – наоборот, от задней стенки к фронту. Этот вариант предпочтительнее при использовании механических забрасывателей, когда более крупные куски топлива забрасываются на заднюю половину решетки, а более мелкие – на переднюю.

На рис. 4 показана оригинальная топка с наклонно-переталкивающей решеткой фирмы Standardkessel. Полотно этой решетки не движется, но специальный механизм обеспечивает перемещение одного ряда колосников относительно другого – неподвижно. Топливо на такую решетку подается непосредственно из загрузочной воронки. Благодаря шурующему эффекту на такой решетке можно сжигать не только уголь, но также древесную кору, производственные, бытовые и другие отходы.

Еще одно важное преимущество топок слоевого сжигания перед камерными заключается в том, что они могут быть установлены на жаротрубных котлах, в то время, как факельное сжигание применяется только для водотрубных. Жаротрубные твердотопливные котлы поставляются заказчику в виде трех блоков: собственно котел, выносная топка с механической решеткой и золоуловитель.

В последнее время все более популярными в промышленной энергетике становятся топки с кипящим слоем (КС). Эта технология предполагает подачу в слой мелкозернистого топлива с размером зерен, например, от 5 до 10 мм. Под слой подается воздух с такой скоростью, которая превышает предел устойчивости плотного слоя (но не достигает скорости витания частиц топлива).

После достижения критической скорости дутья сила давления потока воздуха в слое становится равной силе тяжести частиц. Слой расширяется и при дальнейшем увеличении скорости воздуха начинается как бы его «кипение». За счет этого обеспечивается интенсивное перемешивание горящего топлива в топках КС.

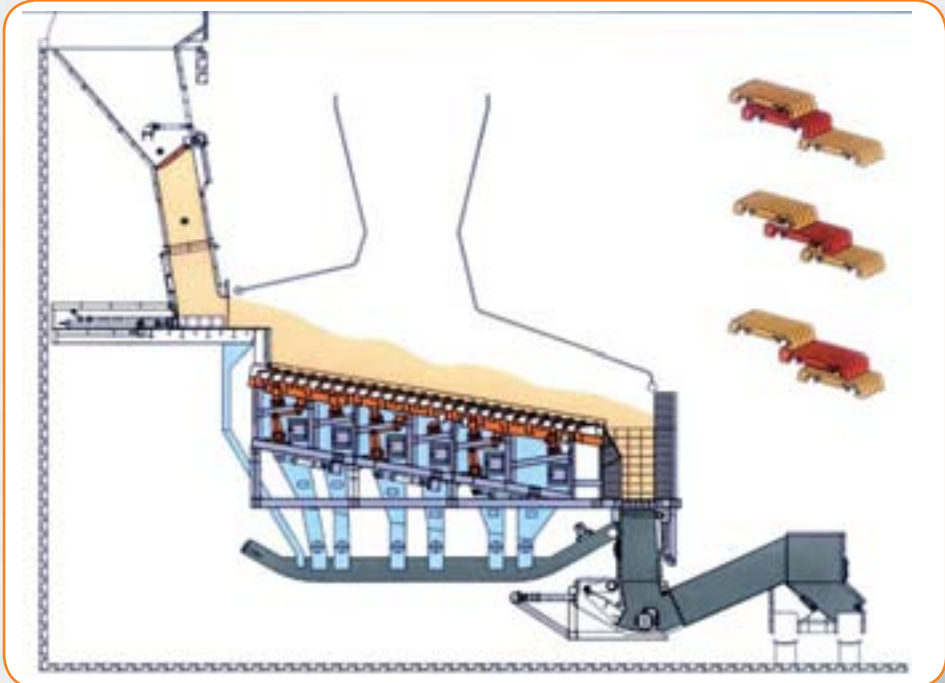


Рис. 4 – Топка с наклонно-переталкивающей решеткой

В промышленной энергетике используют стационарный или пузырьковый кипящий слой для котлов тепловой мощностью до 20 МВт. Ожидающая среда в котлах такого типа имеет относительно низкую скорость (1–2,5 м/с) и пронизывает кипящий слой высотой 1–1,5 м в виде пузырьков. Из кипящего слоя выносятся только самые мелкие твердые частицы, а удельное тепловое напряжение поверхности составляет примерно 1,5 МВт/м². В этом состоит основное отличие промышленных топок с КС от крупных энергетических котлов, у которых скорость в слое составляет 6–8 м/с, а теплонапряжение поверхности – около 7 МВт/м². При этом из слоя выносятся достаточно крупные недогоревшие частицы, потеря которых недопустима как по экономическим, так и по экологическим соображениям. Поэтому на выходе из таких топок размещают золоуловители (циклонного или швеллерового типа) и недогоревшие частицы возвращают в слой. В этом случае речь идет о котлах с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС).

В Российской Федерации имеется несколько крупных предприятий, специализирующихся на выпуске котлов для промышленной энергетике. В 1980–90-е годы, когда стоимость природного газа в России оказалась ниже стоимости угля, в номенклатуре этих заводов преобладали газомазутные котлы. Но в последние годы ситуация меняется.

Промышленные паровые котлы для сжигания угля традиционно изготавливает Бийский котельный завод (БиКЗ). В номенклатуре этого предприятия имеются двухбарабанные паровые котлы с естественной циркуляцией. Они рассчитаны на давление 1,4 или 2,4 МПа и температуру насыщения или перегрева пара до 250 °С. Максимальную температуру пара (350 °С) имеет котел КЕ-24-350С паропроизводительностью 25 т/ч. В сочетании с паровыми турбинами Калужского завода эти котлы могут быть использованы для комплектации модулей, устанавливаемых на мини-ТЭЦ.

Для получения насыщенного пара с температурой 194 °С завод выпускает угольные котлы ДКВр20–13С (D = 20 т/ч,

P = 1,3 МПа) и более современные котлы (например КЕ-10-24СО, t_n = 220оС, P = 2,4 МПа, D = 10 т/ч). Изготавливаются и менее мощные угольные котлы, рассчитанные на давление 1,3 или 1,4 МПа: КЕ6,5-14СО (6,5 т/ч), КЕ-4-14СО (4 т/ч), КЕ2,5-14СО (2,5 т/ч). Все они предназначены для сжигания кускового топлива и оснащены механизированными решетками. После экранированной топочной камеры продукты сгорания поступают в развитый кипятельный пучок из гнутых труб. При наличии пароперегревателя часть кипятельных труб не устанавливается, а трубы пароперегревателя размещаются в первом конвективном газоходе после второго или третьего ряда кипятельных труб.

Водогрейные котлы на твердом топливе традиционно выпускает ОАО «Дорогобужкотломаш». Кроме большого количества газомазутных котлов (марка КВ-ГМ), это предприятие выпускает котлы КВ-Р, рассчитанные на сжигание дробленого угля и дров. Такие котлы оборудуются механическими решетками, а также устройствами для возврата уноса в топку и соплами острого дутья. Котлы различной мощности имеют единый профиль в поперечном сечении и различаются только глубиной топочной камеры и конвективного газохода. Наименее мощные водогрейные котлы ОАО «Дорогобужкотломаш», рассчитанные на сжигание угля, имеют тепловую мощность 0,25 МВт, давление 0,6 МПа и температурный режим – 70/95 °С. Тепловая мощность наиболее крупных угольных котлов (КВ-Р-7,56-150) – 7,5 МВт, давление воды на входе – 1,56 МПа, температура воды – 70/150 °С. По КПД угольные котлы значительно уступают газомазутным: как правило, при сжигании каменных или бурых углей он составляет 82–84 %.

Котлы тепловой мощностью 1,5 и 2,5 МВт оборудованы механическими топками. Для самых крупных угольных котлов типа КВ-Р (максимальная тепловая мощность 58,2 МВт) используется топка ТЧЗМ, давление воды на входе – 2,5 МПа. Все котлы этой серии имеют газоплотное исполнение и поставляются заказчику в обмуровке



Рис. 5 – Угольный котел КВ-Р

и обшивке. На рис. 5 показан угольный котел серии КВ-Р, поставляемый ОАО «Дорогобужкотломаш».

Завод также разработал две модификации крупных водогрейных котлов (КВ-Ф-29-150 и КВ-Ф-58,2-150) оборудованных топками для сжигания угля в кипящем слое (ВТКС).

Из числа зарубежных фирм, поставляющих промышленные котлы на твердом топливе, кроме упомянутой ранее Standardkessel, следует назвать компанию Borsing (Германия). В отличие от Standardkessel она выпускает уже не жаротрубные, а водотрубные котлы: вместо сосуда с большим объемом воды они имеют радиационные и конвективные поверхности нагрева в виде труб небольшого диаметра. Серия компактных водогрейных котлов для получения перегретой воды, предлагаемая фирмой Borsing, имеет тепловую мощность от 4 до 50 МВт при давлении до 4,5 МПа. Они работают на кусковом угле, подаваемом на колосниковую решетку. Серия паровых котлов (также с колосниковой решеткой) рассчитана на сжигание бурого или каменного угля, дров или биотоплива. Котлы этой серии имеют паропроизводительность от 10 до 120 т/ч (Q = 7–80 МВт) при параметрах пара до 17,5 МПа и 535 °С. Понятно, что такие котлы могут поставляться заказчику в лучшем случае в виде нескольких укрупненных блоков.



Автоматизированные твердотопливные установки HERZ BioFire

Высокие цены на углеводородное топливо и стремление к максимальному использованию возобновляемых и местных видов топлива стимулировали бурное развитие в странах Евросоюза котельной техники, предназначенной для сжигания древесного топлива – пеллет и щепы, получаемых из отходов лесо- и деревопереработки. Австрия – один из лидеров этого направления.

Для комплектации автономных котельных на древесном топливе австрийская компания HERZ Energietechnik предлагает серию высокоавтоматизированных котельных установок BioFire. Они имеют модульную конструкцию и поставляются полностью готовыми блоками. Этим сокращается время монтажа, а также достигаются минимальные транспортные размеры и компактность установки после сборки.

Водоохлаждаемая камера сгорания, выполненная из огнеупорного бетона, рассчитанного на работу с температурой до 1550 °С, обеспечивает малую инерционность работы и быстрый выход на рабочий режим.

Ступенчатая движущаяся колосниковая решетка, изготовленная из легированной стали, имеет две зоны регулирования. Интервалы подачи вторичного воздуха в две зоны и топлива задаются независимо. Предусмотрена отдельная замена элементов решетки.

Регулирование процессов горения (количество подаваемого топлива и вторичного воздуха) и дымоотведения производится автоматически по показаниям лямбда-датчика. Он устанавливается в дымовом тракте и определяет содержание остаточного кислорода в дымовых газах. Этим обеспечивается оптимизация процесса горения и минимальное

содержание вредных веществ в отходящих газах, в том числе при работе на неполной мощности и сжигании разного по качеству топлива.

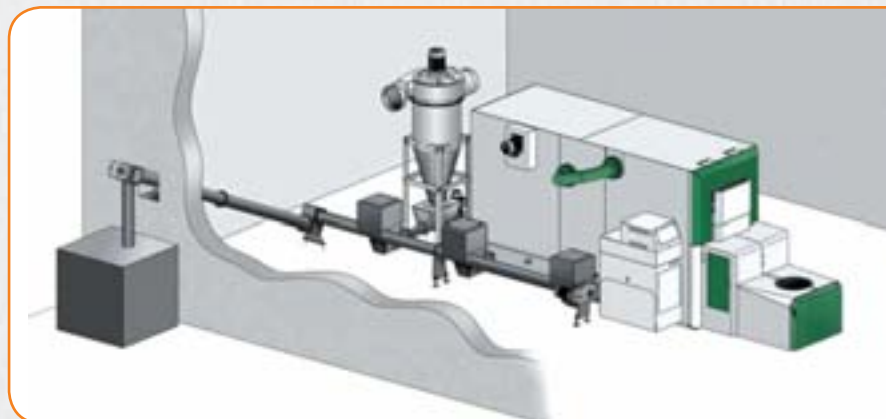
Вертикальный трубный теплообменник оснащен встроенными турбулизаторами для интенсификации теплопередачи и чистки поверхностей теплообмена. Чистка камеры сгорания и теплообменника, а также удаление из них золы в отдельный контейнер производятся автоматически при помощи шнековых механизмов. Остановки котла для этого не требуются.

Централизованная система золоудаления проектируется индивидуально

исходя из особенностей взаимного расположения оборудования и топливного бункера. Зола из трех емкостей – после камеры сгорания, теплообменника и циклона – удаляется шнековыми транспортерами в отдельно стоящий контейнер для дальнейшей транспортировки. Размещение контейнера возможно на другом уровне и на значительном расстоянии от котельной установки.

Установки оснащены контроллером BioControl 3000. Он имеет встроенный пульт управления с жидкокристаллическим дисплеем. Внешние кабельные соединения отсутствуют. Контроллер позволяет управлять контуром температуры обратного потока (насос и смесительный клапан), насосами и клапанами контуров отопления (до четырех штук), баком-теплоаккумулятором, солнечным коллектором, контуром горячего водоснабжения. Имеется функция защиты от замерзания теплоносителя и режим сервисного обслуживания.

Для плавного регулирования частоты вращения дымососа используется частотный преобразователь.

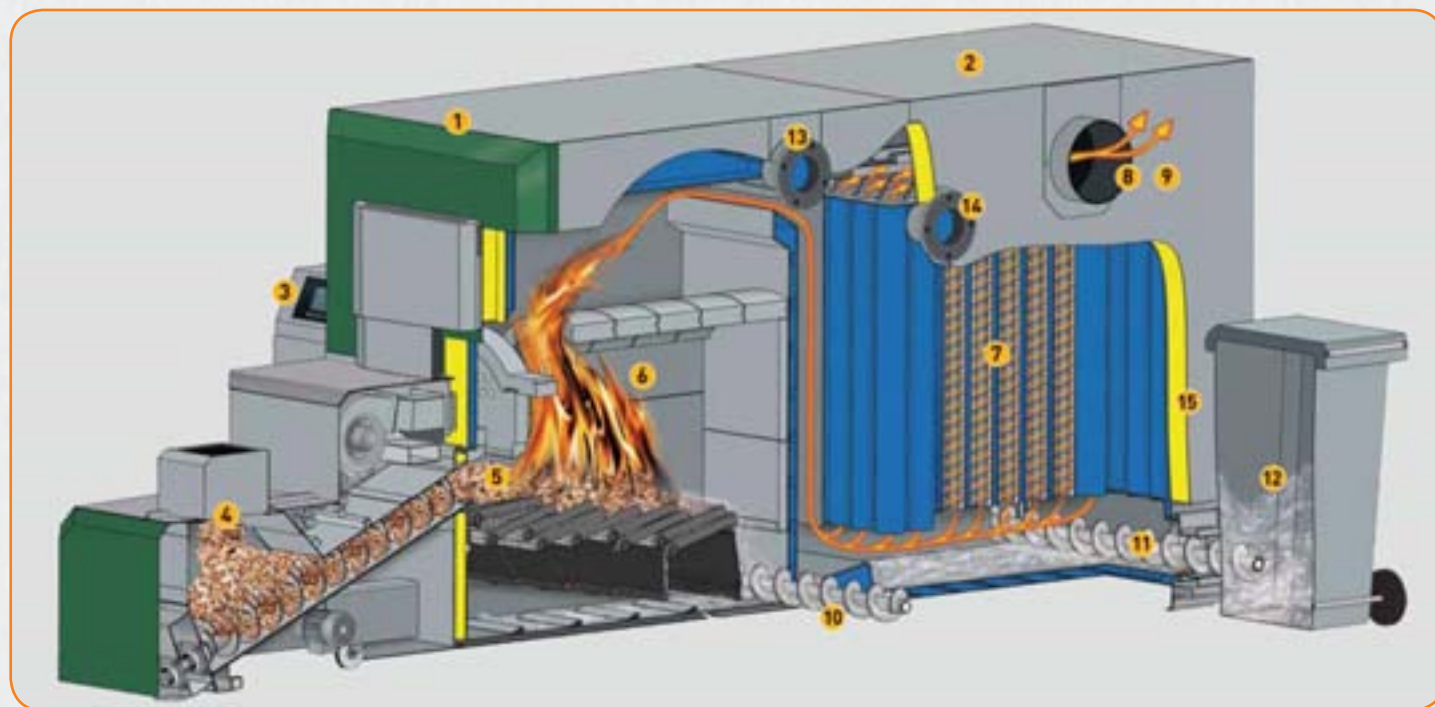


Устройства безопасности обеспечивают защиту от обратного возгорания, срабатывающую при отсутствии напряжения, защиту от выбросов пламени, контроль давления и температуры в камере сгорания. Предусмотрена спринклерная система автоматического пожаротушения. В хранилище топлива размещен датчик температуры.

Промежуточный топливный бункер состоит из насыпной емкости и сдвоенного подающего шнека с отсечным клапаном.

Типоряд включает модели мощностью от 0,5 до 1 МВт. Каскадное подключение позволяет обеспечить мощность до 2 МВт. Рабочее давление – до 6 бар. Используемое топливо – пеллеты (в соответствии с требованиями ÖNORM M 7135, DINplus, Gütesiegel или Swissspellet) и щепа (G30–G50/W40 согласно ÖNORM M 7133).

ООО «ГЕРЦ Инженерные системы»
Тел./факс: (495) 617-09-15, 617-09-14
www.herz-armaturen.ru



Конструкция котла BioFire:

1 – блок камеры сгорания; 2 – блок теплообменника; 3 – пульт управления; 4 – промежуточный топливный бункер; 5 – зона автоматического поджига; 6 – камера сгорания; 7 – вертикальный трубный теплообменник; 8 – патрубок для присоединения дымохода; 9 – дымосос и циклон; 10, 11 – шнековые механизмы для удаления золы из камеры сгорания и теплообменника; 12 – зольный контейнер; 13 – выход воды из котла; 14 – вход воды в котел; 15 – теплоизоляция.

Энергосбережение в паровом хозяйстве предприятия. Его цена и эффективность

С. Тишаев

Вопросы энергосбережения в паровом хозяйстве были и остаются актуальными, тем более в условиях постоянного роста стоимости энергоресурсов и значительного износа котельного оборудования в нашей стране. Комплексные мероприятия по усовершенствованию пароконденсатных систем дают возможность сэкономить до трети и более топлива. Мы решили посвятить этой теме серию материалов, которую открываем нижеследующей публикацией.

Уникальные теплотехнические свойства водяного пара обусловили его применение в технике и промышленном производстве в качестве теплоносителя и рабочего тела еще со времен «промышленной революции». За прошедшие столетия паровая техника получила существенное развитие. Практически нет отраслей промышленности, где бы в той или иной форме не задействован водяной пар. Рассмотрим его применение в виде теплоносителя в различных технологических процессах, то есть в так называемых пароконденсатных системах.

В пищевой, химической, перерабатывающей промышленности водяной пар получают в паровых котлах (в котельных) и затем используют его энергию в варочных котлах, прессах, сушилках и т.д. (на выходе конденсат). С увеличением стоимости топлива вопросы энергосбережения в паровом хозяйстве предприятий становятся все более актуальными. Энергетическая составляющая занимает значительную часть в себестоимости основной продукции, и ею уже нельзя пренебречь при рассмотрении общих эксплуатационных затрат. Энергоемкость некоторых наших предприятий в 5–7 раз больше, чем аналогичных в развитых странах. Поэтому следует хорошо представлять резервы энергосбережения, которые можно использовать для снижения себестоимости продукции и повышения ее конкурентоспособности.

Паровое хозяйство каждого предприятия, независимо от его величины и мощности, является довольно сложной, гибкой и многокомпонентной системой, требующую индивидуального подхода и рассмотрения. Наиболее целесообразно привлечение специалистов и (или) специализированных компаний для изучения потребностей и возможностей конкретного объекта по энергосбережению с дальнейшим технико-экономическим обоснованием комплекса мер и технологий. Однако, зная стойкую неприязнь владельцев наших заводов к оплате интеллектуального труда, попытаемся помочь веду-

щим специалистам предприятий самим, в первом приближении, определить наиболее эффективные пути и методы снижения эксплуатационных затрат в своем паровом хозяйстве.

Вспомним принципиальную схему работы пароконденсатной системы (рис. 1), для функционирования которой необходимо:

1) подготовить имеющуюся у пользователя воду (независимо от того, подводится она из городского водопровода или из собственной скважины) до требуемого качества питательной воды, определяемого изготовителем котла;

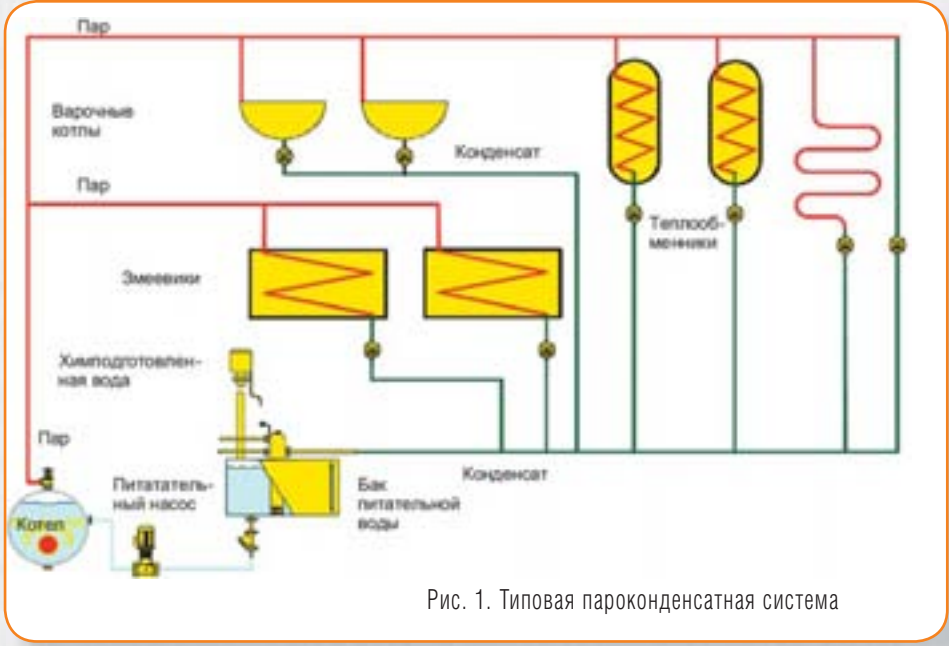


Рис. 1. Типовая пароконденсатная система

2) преобразовать химическую энергию топлива (твердого, жидкого или газообразного) в теплоту – за счет сжигания;

3) нагреть подготовленную воду до температуры насыщения (начала кипения). За начальную энтальпию (энергосодержание) воды принимается энтальпия при 0 °С. Температура насыщения для определенного рабочего давления котла берется из паровых таблиц. Для нормальных атмосферных условий (температура воздуха 25 °С, давление 760 мм рт. ст. и влажность 60 %) температура насыщения равна 100 °С;

4) произвести необходимое количество пара путем подвода дополнительной тепловой энергии к нагретой до температуры насыщения воде. Следует особо подчеркнуть, что процесс фазового перехода воды из жидкого состояния в газообразное (пар) происходит при постоянной температуре, то есть температура воды и температура пара одинаковы и равны температуре насыщения. Для наиболее часто используемых в теплотехнике давлений (2–12 бар) дополнительно подводимая к такой воде теплота, которая называется скрытой теплотой парообразования, в несколько (2,5–4,2) раз превышает количество теплоты, подводимой при нагреве воды до температуры насыщения;

5) транспортировать произведенный пар до места потребления;

6) использовать в технологическом процессе подведенную паром теплоту, получив конденсат с температурой насыщения;

7) вернуть конденсат в начало цикла или сбросить его, предварительно охладив, в канализацию.

Каждая перечисленная стадия имеет свой потенциал по вкладу в общее энергосбережение системы. Безусловно, абсолютное значение такого потенциала индивидуально для каждого объекта, поэтому его удобнее определять в процентных долях или удельных величинах.

Водоподготовка

Необходимость специальной подготовки воды вызвана наличием в ней большого количества различных примесей, солей и включений. В процессе нагрева часть солей переходит из растворимого состояния в труднорастворимое и, отлагаясь на поверхностях теплообмена в виде

накипи, существенно уменьшает теплопередачу от нагретой металлической стенки к воде.

По химическому составу преимущественно встречается накипь: карбонатная (углекислые соли кальция и магния – CaCO_3 , MgCO_3), сульфатная (CaSO_4) и силикатная (кремнекислые соединения кальция, магния, железа, алюминия). Теплопроводность накипи в десятки, а зачастую в сотни раз меньше теплопроводности стали, из которой изготавливают теплообменники. Поэтому даже тончайший слой подобных образований создает большое термическое сопротивление и может привести к такому перегреву труб паровых котлов и пароперегревателей, при котором в них образуются отдушины и свищи, часто вызывающие разрыв металла. Другая примесь – содержащийся в воде свободный кислород, выделяющийся при нагревании и способный вызывать коррозию.

В зависимости от типа, конструкции и рабочих параметров котлов предприятие-изготовитель определяет качество питательной воды (максимально возможное содержание примесей) для соблюдения в процессе эксплуатации паспортных данных по производительности, эффективности (КПД) и сроку эксплуатации. Как правило, для паровых котлов, работающих при близких параметрах (давление и производительность), требования к питательной воде мало отличаются у раз-

ных производителей и можно использовать «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. ПБ 10-574-03» Ростехнадзора, ГОСТ 20995-75**, «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ)» РАО ЕЭС России, СНиП II-35-76**. Конструкция системы водоподготовки (рис. 2), а значит, и ее цена зависят от качества исходной воды: чем больше содержание примесей, тем дороже водоподготовка.

Кроме сокращения срока службы котла и повышения эксплуатационных затрат (на периодический осмотр и очистку поверхностей нагрева), недостаточная водоподготовка приводит к энергетическим потерям. Из-за уменьшения коэффициента теплопередачи на поверхностях теплообмена, имеющих накипь, температура уходящих газов поднимается, а КПД котла, соответственно, снижается.

В процессе испарения воды – соли и примеси остаются в котловой воде. Таким образом, их концентрация непрерывно повышается. Для того чтобы качество воды находилось в заданных производителем рабочих пределах, необходимо проводить продувки котла. Они выполняются на работающем агрегате, при рабочих параметрах теплоносителя и поэтому уносят с собой определенное количество подготовленной воды, к тому же нагретой до температуры насыщения. Частота периодической нижней продувки, как пра-



Рис. 2. Блочная система водоподготовки

вило, регламентируется нормативными документами (1–2 раза в сутки), и качество водоподготовки мало влияет на ее продолжительность и частоту. Что касается непрерывной (верхней) продувки, с которой сливается верхний слой котловой воды, то ее значение ($P_{пр}$) рассчитывается по формуле:

$$P_{пр} = \frac{TDS_{пв} \cdot P}{TDS_{кв} - TDS_{пв}},$$

где $P_{пр}$ – значение продувки, кг/ч, $TDS_{пв}$ – общее солесодержание питательной воды, ppm; $TDS_{кв}$ – общее нормируемое солесодержание котловой воды, ppm; P – производительность котла по пару, кг/ч.

Нетрудно заметить: чем хуже качество питательной воды (то есть чем выше ее общее солесодержание), тем больше должна быть продувка. Например, для парового котла реверсивного типа номинальной производительностью 5000 кг/ч, со средним рабочим солесодержанием, равным 3500 ppm, значение продувки должно составлять 555,5 кг/ч для питательной воды с солесодержанием 350 ppm и 147 кг/ч – для питательной воды с солесодержанием 100 ppm. Соответственно, в процентном отношении для этих случаев продувка составит 11,1 и 3 %.

Применение паровых котлов с неисправной, малоэффективной водоподготовкой или вовсе без нее в европейских странах совершенно исключено. Суммарный потенциал по энергосбережению (за счет отсутствия роста температуры уходящих газов, связанного с накипными отложениями на теплообменной поверхности, и уменьшения значения продувки), который можно получить за счет улучшения качества питательной воды, для современных работающих котлов составляет около 4 %. В нашей практике еще встречаются случаи, когда из-за отсутствия водоподготовки объем продувки достигает гораздо больших значений.

Таким образом, водоподготовка – совершенно необходимая статья расходов в паровой котельной, которая при ее дальнейшем улучшении может сберечь в среднем около 4 % потребляемого топлива. Однако общая ее цена даже в удельных или относительных единицах будет сильно отличаться для разных объектов

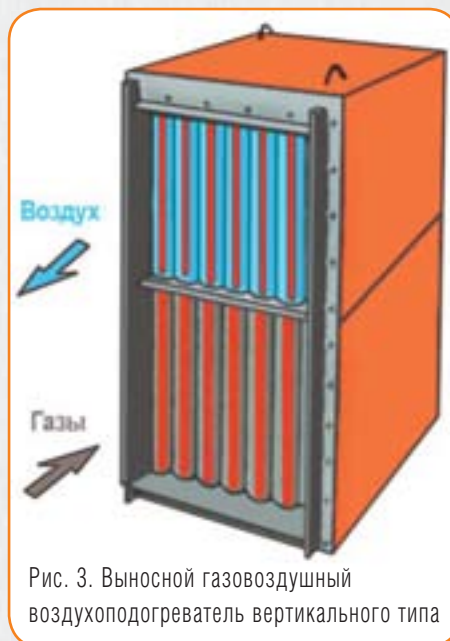
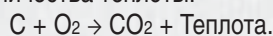


Рис. 3. Выносной газозвдушной воздухоподогреватель вертикального типа

из-за совершенно различных условий водоснабжения, схем возврата конденсата, имеющихся систем подготовки воды.

Системы сжигания топлива

Процесс горения – ничто иное, как быстро протекающая реакция окисления топлива, в результате которой углерод соединяется с кислородом, образуя углекислый газ с выделением значительного количества теплоты:



В целях экономии времени читателя, рассмотрим только топливо, наиболее часто используемое в паровых котлах для технологических процессов, – природный газ. При сжигании его смешивают с воздухом, содержащим кислород, необходимый для реакции окисления.

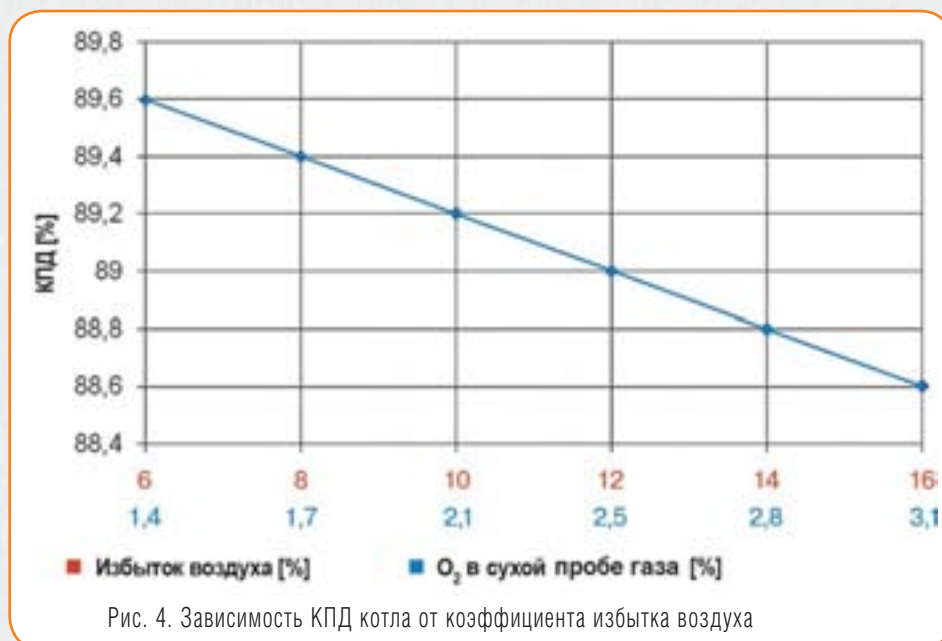
Нужно учитывать, что процесс горения будет происходить нормально только при определенном «стехиометрическом» соотношении топлива и кислорода в топливной смеси, то есть коэффициент избытка воздуха α должен быть близок к единице. Если это значение больше, в дымовых газах будет присутствовать свободный кислород. Так, например, при $\alpha = 2$ подается в два раза большее количество воздуха, чем необходимо для процесса сжигания. Если имеются избыток топлива и недостаток кислорода, сгорание топлива будет неполным. При этом снизится количество выделяющейся теплоты. Кроме

того, в результате неполного сгорания происходит неполное окисление углерода, содержащегося в топливе, что сопровождается образованием высокотоксичного угарного газа (CO).

На практике коэффициент избытка воздуха α обычно равен 1,08–1,25. Учитывая стехиометрический объем подаваемого воздуха (10,5–11,5 нм³ на 1 нм³ природного газа в зависимости от его месторождения и качества) получим, что для сжигания 1 нм³ природного газа следует подать в топку не менее 11,3–14,4 нм³ воздуха.

Здания, в которых устанавливаются котлы, должны отвечать требованиям СНиП II-35-76 «Котельные установки» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Эти документы определяют и температуру в помещении, из которого происходит забор воздуха для подачи в горелочное устройство или топку котла. Если начальная температура воздуха составляет 20 °С, то для нагрева 1 нм³, скажем, на 30 °С (до 50 °С) необходимо подвести количество теплоты, равное 32,37 кДж. Эта энергия отбирается в топке за счет полезной теплоты сгорания топлива. При средней теплоте сгорания природного газа, равной 34200 кДж/нм³, при сжигании 1 нм³ газа на нагрев дутьевого воздуха до температуры 50 °С (допустимая температура подачи воздуха для газовых горелок обычного исполнения) будет подведено около 427 кДж, то есть 1,25 % подводимой энергии газа. Эту теплоту можно сберечь, нагревая дутьевой воздух за счет утилизации теплоты уходящих дымовых газов в специальном теплообменнике – воздухоподогревателе (рис. 3).

Если вместе с воздухоподогревателями применять горелочные устройства, предназначенные для эксплуатации в температурном диапазоне от 130 до 170 °С, то энергосбережение может составить около 4,5 %. В то же время нагрев дутьевого воздуха до температуры выше 80 °С ведет к увеличению образования оксидов азота (NO_x), что крайне нежелательно. Поэтому применение таких теплообменников рассматривают, когда высока (85–90 %) степень возврата конденсата и (или) забор дутьевого воздуха осуществляется снаружи котельной (холодный воздух). Из-за



того, что коэффициент теплопередачи в газовоздушном теплообменнике значительно ниже, чем в водо- или паровоздушном, воздухоподогреватели имеют значительно более развитую поверхность теплообмена, большую металлоемкость и цену по сравнению с экономайзерами, которые также применяются для повышения КПД котельной за счет утилизации теплоты уходящих газов.

Дополнительный энергосберегающий эффект может быть получен при установке устройств регулировки горелок в зависимости от содержания кислорода в уходящих дымовых газах. Как уже говорилось, оптимальный коэффициент избытка

воздуха α обычно равен 1,08–1,25. Однако на практике он очень часто значительно выше, что приводит к соответствующему увеличению потерь теплоты на нагрев дополнительного воздуха. Этот избыточный кислород не участвует в реакциях окисления топлива, а является балластным. Учитывая, что температура горячих газов в камере сгорания достигает 1600 °С, потери теплоты при каждом увеличении α на 10 % составляют около 1,0 % (см. диаграмму на рис. 4). Если по результатам технико-экономического расчета применение горелочного устройства с регулированием по содержанию кислорода в дымовых газах оказывается невыгодно,

то поддержание оптимального коэффициента избытка воздуха следует проводить по результатам проверки состава уходящих газов при составлении режимных карт в ходе периодических испытаний.

Рассматривая вопрос подачи в камеру сгорания дутьевого воздуха, нельзя не упомянуть о режимах работы котлов на частичной нагрузке. Если агрегат оборудован модуляционной горелкой, система управления которой отслеживает действительное изменение нагрузки и в зависимости от этого регулирует подачу топлива, то обязательно следует рассмотреть вопрос эффективности частотного регулирования электродвигателя дутьевого вентилятора. При определенных мощностях паровых котлов использование такого регулирования вместо обычной воздушной заслонки может дать экономию электроэнергии на собственные нужды до 15 %.

Таким образом, применение воздухоподогревателей и оптимизация коэффициента избытка воздуха могут сберечь в среднем около 5 % потребляемого топлива. Общая цена стоимости воздухоподогревателя и дополнительного оборудования для реализации регулирования горелочного устройства по содержанию кислорода в уходящих дымовых газах составляет от 2 до 6 тыс. евро на 1 т/ч производительности котла в зависимости от номинальной паропроизводительности. Чем больше производительность котла, тем меньше удельная стоимость воздухоподогревателя.

Энергоэффективность против «вампилов»

ЗАО «Комплексные энергетические системы» (КЭС-Холдинг) совместно с компанией «Гипрокоммунэнерго» объявило о старте Конкурса энергетического сотрудничества, который проводится в 16 регионах страны второй год подряд. Цель мероприятия – выявить и поощрить наиболее энергоэффективных потребителей тепла и электричества. Конкурс проводится при поддержке органов власти, научных и общественных организаций, представители которых вошли в состав комиссий. По сравнению с прошлым годом количество экспертов увеличилось более чем в два раза (до 149 человек).

В каждом из 16 регионов, в которых работает компания, будут отобраны самые энергоэффективные компании (шесть номина-

ций). Они удостоятся приза «Энергоэффект года». Эксперты также определяют самое энергорасточительное предприятие региона, которому будет присужден антиприз – «Энергетический вампир года».

В 2009–2010 гг. холдинг разработал и начал внедрять комплекс внутренних мероприятий, которые способствуют повышению эффективности производства и потребления энергоресурсов. В их числе – снижение энергозатрат за счет строительства новых генерирующих мощностей, модернизация действующего оборудования, оснащение приборами учета, реализация программ энергосбережения

Котлы De Dietrich – на шаг впереди, на голову выше

Вопрос энергоэффективности, актуальность которого во всем мире достигла апогея, все чаще и чаще стал звучать в нашей стране. Естественно, экономия энергии не ограничивается заменой ламп накаливания на энергосберегающие. Важно помнить, что беречь можно не только электрическую энергию, но и тепловую. Ярким примером достижения высокого класса эффективности служат новейшие конденсационные од-

ноконтурные котлы серии C 230/310/610 Eco, предлагаемые на российском рынке французской компанией De Dietrich.

Стеkanie конденсата вниз обеспечивает самоочистку теплообменника. Однородность и пластические свойства силумина позволяют использовать такие теплообменники в режимах с высокими разностями температур между прямой и обратной линией (до 30 °C) без риска усталости материала, вызванной повторяющимися тепловыми напряжениями.

Кроме того, силуминовые теплообменники обладают компактными размерами и

коаксиальный дымоход. Для горения может быть организован забор наружного воздуха или из помещения.

Применение панели управления Diematic m3 позволяет организовать каскад: до 10 моделей C 210/310 Eco и до 5 – двухблочных C 610 Eco. Одна из функций автоматики – возможность управления работой котельной установки по показаниям датчика наружной температуры.

Техническое обслуживание котлов

		C230-85 Eco	C230-130 Eco	C310-350 Eco	C610-1140 Eco
Номинальная максимальная мощность Pn (40/30 °C), кВт		93	129	353	1146
КПД для низшей теплоты сгорания, %	100 % Pn при средней темп. 70 °C	97,4	97,5	97,3	98,5
	30 % Pn при темп. в обратной линии 30 °C	107,9	108,1	107,7	108,9
Номинальный расход воды при ΔT=20 °C, м³/ч		3,73	5,16	15,19	49,31
Мин. номинальная мощность (50/30 °C), кВт		18	24	71	156
Мин. номинальная мощность (80/60 °C), кВт		16	22	65	148
Макс. номинальная мощность (80/60 °C), кВт		87	120	327	1062
Потери напора воды при ΔT=20 °C, мбар		165	135	110	125
Расход газа, м³/ч	природный газ (H)	9,4	13	36	122
	природный газ (L)	11	14,4	42	142
	пропан	6,91	9,56	нет	нет
Массовый расход продуктов сгорания, кг/ч		149,7	206,9	565	1814
Максимальная температура дымовых газов (40/30 °C), °C		43	43	45	65
Давление на выходе из котла, Па		130	130	150	130
Водовместимость, л		12	16	60	186
Площадь занимаемой поверхности пола, м²		0,54	0,54	0,94	2,8
Чистый вес, кг		115	135	410	1120

Секционный теплообменник котла, выполненный из сплава алюминия с кремнием (силумин), не содержит сгибов или сварочных швов. Он обладает коррозионной устойчивостью, что особенно важно при использовании в конденсационной технике. При контакте с водой или кислородом на поверхности образуется сплошной защитный слой оксида алюминия. Это свойство предохраняет поверхность от агрессивного воздействия конденсата во время контакта с дымовыми газами.

малым весом по сравнению с чугунными, медными и стальными.

Котлы оборудованы модуляционной (18/20/15–100 %) вентиляторной горелкой с полным предварительным смешиванием, изготовленной из нержавеющей стали. Ее поверхность имеет цилиндрическую форму и выполнена из сплетенных металлических волокон. Такая горелка обеспечивает низкое содержание вредных веществ в дымовых газах: СО – менее 19–20, NOx – менее 35–62 мг/кВт•ч в зависимости от модели.

Отвод дымовых газов предусмотрен как по традиционной схеме, так и через

облегчено конструктивными решениями: съемная передняя обшивка обеспечивает быстрый доступ к горелке, а специальный люк – к теплообменнику.

Также следует отметить, что рабочая температура конденсационных котлов De Dietrich – до 90 °C, что позволяет эксплуатировать их даже в самых тяжелых российских условиях.

«Русклимат Термо»
125493, г. Москва, ул. Нарвская, д. 21
Тел./факс.: (495) 777-1968
www.rusklimat.ru

Незабываемый комфорт с **De Dietrich** 



GTU 120



Давление 6 бар*

Эвтектический чугун
(легче на 20%)

Русифицированное
меню

100% контроль
качества

Гарантия 5 лет

Т е х н и ч е с к о е с о п р о в о ж д е н и е п а р т н е р о в

Проектирование

Обучение

Склад запчастей



РУСКЛИМАТ
Т Е Р М О

Официальный партнер компании DeDietrich:

Москва: отдел продаж по Москве и МО: (495) 777-19-69, отдел региональных продаж: (495) 777-19-78,
Астрахань (8512) 54-15-56, Барнаул (3852) 377-711, Волгоград (8442) 95-53-45,
Калуга (4842) 565-535, Новосибирск (383) 230-03-03, Омск (3812) 46-77-77,
Ростов-на-Дону (863) 2-698-698, Санкт-Петербург (812) 350-14-14, Саратов (8452) 277-622,
Тольятти (8482) 691-000, Тюмень (3452) 32-00-34, Уфа (347) 275-6000

*Для котлов мощностью от 100 кВт



Testo 340 – для анализа дымовых газов

Концерн Testo (Германия) представил на российском рынке новую разработку – портативный анализатор дымовых газов testo 340. Это компактный и легкий в эксплуатации прибор, оснащенный сенсором O_2 . Кроме того, можно выбрать три дополнительных (CO , $CO_{низ}$, NO , $NO_{низ}$, NO_2 или SO_2).

Возможность замены сенсоров, а также различная длина измерительных наконечников газоотборных зондов, широкие диапазоны диаметров и рабочих температур максимально повышают гибкость применения анализатора.

Данные сохраняются в памяти, что позволяет избежать в дальнейшем сложной процедуры калибровки с помощью поверочного газа.

Функция расширения диапазона измерений обеспечивает их непрерывность при высоких концентрациях газа. Возможны параллельные измерения дифференциального давления и скорости потока дымовых газов с расчетом массовых выбросов.

Предусмотрена настройка на 18 стандартных и 10 дополнительных видов топлива. На дисплее прибора отображаются коэффициент избытка воздуха и КПД оборудования. Продолжительность проведения измерений – до двух часов.

Газоанализатор оборудован мощным мембранным насосом с автоматическим

управлением, обеспечивающим максимальную универсальность при проведении измерений на различных системах. Мощность работы насоса регулируется автоматически, адаптируясь к условиям забора пробы.

Еще одно встроенное устройство, конденсатосборник, исключает возможность скопления конденсата на работающем сенсоре. При необходимости опорожнения конденсатосборника производится сигнальное оповещение.

Дополнительные возможности: подключение к принтерам testo и прямая передача данных на персональный компьютер могут быть реализованы посредством Bluetooth 2.0. С помощью удобного русифицированного программного обеспечения easyEmission пользователь может управлять данными измерений: редактировать, сортировать и т.д.

Область применения газоанализатора включает пусконаладку и обслуживание горелочных устройств, стационарных двигателей и турбин. С презентацией прибора можно ознакомиться по адресу www.testo.ru/340.

Германский концерн ежегодно тратит на научные исследования и разработки до 12 % от своего оборота. Лаборатории Testo сертифицированы по стандарту DKD. Калибровка приборов по стандартам ISO и DKD, постоянные исследования, проводимые для улучшения качества при-

боров и инвестиции в новые разработки гарантируют потребителю приборы наивысшего качества.

На сегодняшний день российское подразделение концерна, ООО «Тэсто Рус», поставляет в нашу страну широкий ассортимент КИП: тепловизоры, анализаторы дымовых газов, анемометры, термометры (контактные и бесконтактные), манометры, шумомеры, стробоскопы, регистраторы данных, гигрометры, многофункциональные измерительные приборы, системы для контроля параметров микроклимата, люксметры, тахометры и др.

Наличие собственной современной лаборатории, оснащенной аттестованными рабочими эталонами, позволяет компании «Тэсто Рус» предоставлять своим клиентам услуги по сервисному гарантийному и постгарантийному обслуживанию, калибровке и поверке приборов. В 2009 г. система менеджмента качества компании «Тэсто Рус» сертифицирована по международному стандарту ISO9001. Имеется развитая сеть региональных дилеров и партнеров.

ООО «Тэсто Рус»

Москва, Варшавское шоссе, д.17, стр. 1

Тел.: (495)788-9811

Факс: (495)788-9849

Эл. почта: info@testo.ru

www.testo.ru

Ecoflam

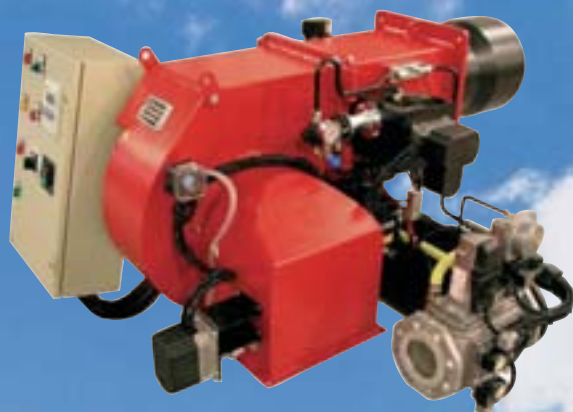
www.ecoflam-burners.com

ПОЛНЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ГОРЕЛОК ДЛЯ ВСЕХ ВИДОВ ТОПЛИВА

MONOBLOCK 20 - 17000 кВт

DUOBLOCK 180 - 25000 кВт

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ САМОГО
ШИРОКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ



- Max Gas - Blu
- Max - Maior
- Maxflam - Oilflam
- Dual - Multicalor
- Multiflam
- TS Duoblock

НОВЫЙ
MAX GAS - MAX
до 500 кВт



КРУПНЕЙШИЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РФ

ООО "ЕВРОИМПОРТ"

Предприятие группы «Интер-Термогаз»

400075, г. Волгоград, ул. Рузаевская, 6

+7 (8442) 33-24-24 itg@itggroup.ru www.itggroup.ru

г. Москва
г. Ростов-на-Дону
г. Новосибирск
г. Екатеринбург

г. Санкт-Петербург
г. Воронеж
г. Чебоксары
г. Челябинск

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДИЛЕРЫ В РФ

ЗАО «Ставан-М»

Москва +7 495 120-90-08

www.stavan.ru

ООО «Теплостройпроект-С»

Грозный +7 8714 22-22-31

www.tsp-s.ru

ООО «ИЧИ-Инжиниринг»

Москва +7 495 645-67-53

www.ici-moscow.ru

ЗАО "ИЦ Акватория Тепла"

Москва +7 495 782-15-53

www.aquatep.ru

ООО "Предприятие "ТАЭН"

Екатеринбург +7 343 222-79-97

www.taen.ru

ЗАО "Кей Си Групп"

Новосибирск +7 383 217-39-54

www.kcgroup.ru

ООО "ТГВ"

Москва +7 495 748-11-77

www.tgv.ru

Горелочные устройства Ecoflam также доступны у официальных партнеров в России

ECOFLAM BRUCIATORI в РФ : Представительство АО "ЭЛКО" в Арисон Термо Русь
127015 Москва - ул. Б. Новодмитровская, д. 14, стр.1, оф. 626

ECOFLAM BRUCIATORI S.p.A. - Via Roma, 64 - 31023 Resana (TV) Italy - Tel. +39.0423.719500 www.ecoflam-burners.com

Водогрейные котлы на газе и жидком топливе

Бельгийская компания **ACV** поставляет на российский рынок серию стальных жаротрубных водогрейных котлов Compact A (с 2009 г. их производство запущено также в Сербии). Они имеют двухходовую конструкцию, что обеспечивает хорошую эффективность в сочетании с небольшими габаритами и малым весом. В комплект поставки входит панель управления двухступенчатой горелкой и система термической защиты (как от перегрева, так и от низких температур).

Топливо – газообразное и жидкое. Номинальная теплопроизводительность серии – от 70 до 1280 кВт. Рабочее давление – до 5 бар. КПД – 92 %.

Отопительное оборудование **Biasi** (Италия) промышленной мощности представлено в нашей стране тремя сериями



стальных двухходовых жаротрубных котлов с реверсивной топкой: RCM (105–300 кВт), RCA (350–1150 кВт) и RCH (1500–5800 кВт). Стальной теплообменник оснащен толсто-стенными дымогарными трубками с турбулизаторами.

Котлы оснащены двойным слоем теплоизоляции из минеральной ваты. Внешний кожух выполнен из листовой стали и имеет защитное покрытие. Расположение дверцы в моделях RCM и RCA обеспечивает удобный доступ к камере сгорания и дымогарным трубкам без демонтажа горелки. На внутренней части дверцы – теплоизоляционное покрытие из керамического волокна.

Рабочая температура теплоносителя – от 50 до 90 °С. Максимальное рабочее давление – 5 бар. КПД – до 92,3 %.

Корейская компания **Booster Boiler** предлагает на российском рынке вакуумные водогрейные котлы BOV (0,41–4,18 МВт) и BON (0,41–0,58 МВт). Они имеют вертикальную компоновку и работают на газе или дизельном топливе. КПД – от 91 % (подробнее – на стр. 16).

Типоряд стальных котлов Logano SK645/SK745 с реверсивной топкой, предлагаемых германской компанией **Buderus**, представлен аппаратами мощностью от 120 до 1850 кВт. Полностью водоохлаждаемая камера сгорания увеличивает поверхность теплообмена и улучшает распределение тепловой нагрузки.

Мощность трехходовых моделей Logano S825L и котлов S825M (для перегретой воды температурой до 190 °С) – от 0,75 до 19 МВт (по запросу – до 38 МВт). Рабочее давление – до 16 бар.

Все серии стальных котлов Logano включают трехходовые аппараты с низкой объемной нагрузкой на камеру сгорания (исполнение LN), что уменьшает содержание окислов азота в дымовых газах. Для снижения шумности работы применяются звукопоглощающая подставка, шумоглушитель дымовых газов и шумозащитный кожух горелки.



Топливо – газообразное и жидкое. КПД – до 93 % (SK645/SK745 и S825L) и до 109 % (конденсационные Logano plus SB825L).

В нашей стране представлено несколько серий промышленных котлов французского завода **Chappee** (входит в Baxi



Group). Линейка газовых атмосферных котлов Edena 3/4 Progress включает 11 моделей мощностью от 82 до 348 кВт. Их секционный оребренный теплообменник выполнен из эвтектического чугуна. Секции соединяются при помощи стальных коллекторов, что обеспечивает низкое гидравлическое сопротивление и возможность нескольких вариантов подключения.

Котлы оснащены двухступенчатым газовым клапаном и атмосферной горелкой из нержавеющей стали. Возможна комплектация газовым блоком под низкое (20 мбар) или среднее (300 мбар) давление. Максимальное рабочее давление – 5 бар. КПД – 92 %.

Серия NXR 3/4 насчитывает 15 моделей мощностью от 90 до 800 кВт, работающих на газе и жидком топливе. Секционный теплообменник с пятью ходами дымовых газов собирается на стальных конусных nipples. Максимальное рабочее давление – 6 бар. КПД – до 95 %.

Двух- и трехходовые низкотемпературные котлы Arizona Evolution/Progress представлены 34 моделями мощностью от 93 до

3500 кВт. Они оснащены моноблочным теплообменником из высококачественной стали. Аппараты Arizona Evolution оборудованы тупиковой топкой и имеют два хода движения дымовых газов. В моделях серии Arizona Progress применена топка с реверсивным факелом, ходов движения дымовых газов – три.

Максимальное рабочее давление – 4–6 бар (по запросу – до 10 бар). КПД – до 94 %.

Французская компания **De Dietrich** представляет в нашу страну конденсационные котлы C 230/310/610 (86–1146 кВт) с секционным теплообменником из алюминиево-кремниевых сплава и модуляционной (10/15–100 %) инфракрасной горелкой. Предусмотрено каскадное соединение (до 10 аппаратов). КПД – до 109 %.



Также представлены низкотемпературные трехходовые котлы GT 330/430/530 (70–1365 кВт) с теплообменником из эвтектического чугуна, работающие на газе и жидком топливе. Объем камеры сгорания позволяет использовать горелки любого типа. Для улучшения теплообмена дымовые каналы имеют оребренную поверхность. КПД – до 93 %.

Предлагаются четыре панели управления, в том числе – для каскадных установок и регулирования по наружной температуре.

Итальянская компания **Ferrolli** представляет в нашу страну стальные жаротрубные котлы Prextherm RSW, оборудованные реверсивной топкой и предназначенные для сжигания газа или жидкого топлива. Трубный пучок расположен над полностью водоохлаждаемой камерой сгорания.



Корпус изолирован стекловатой (толщина слоя – 80 мм). Применены турбулизаторы новой конструкции. Мощность предлагаемых моделей – от 92 до 3600 кВт (по запросу – до 6000 кВт). Рабочее давление – 6 бар (по запросу 8 и 10 бар). КПД – до 93 %.

Отличие теплогенераторов Prextherm RSH от описанных выше заключается в увеличенной поверхности теплообмена и более высоком КПД – до 95 %.

Мощность трехходовых котлов Prextherm T 3G – от 1200 до 19500 кВт. КПД – 92,5 %.

Все модели Ferrolli могут быть доукомплектованы дистанционной панелью управления, аналоговыми манометром и термометром, коллектором для КИП и автоматики, экономайзером Eсoprex. Кроме того, для Prextherm T 3G предусмотрены перила и лестница.

Водогрейные котлы серии NPR, выпускаемые компанией **Garioni Naval** (Италия), имеют реверсивную топку и охлаждаемую заднюю стенку. Дымогар-



ные трубки оснащены турбулизаторами. Теплоизоляция выполнена из базальтовой ваты толщиной 50 мм. В комплект поставки входят панель управления и термостат безопасности.

Работают на природном или сжиженном газе, дизельном топливе, мазуте. Мощность типоряда – от 50 до 4100 кВт. Температура теплоносителя – до 90 °С. Рабочее давление – до 6 бар. КПД – от 90,3 до 90,7 %.

Основу программы поставок итальянской компании **ICI Caldaie** в нашу страну составляют стальные водогрейные котлы REX, TNX, ASX и ASGX. Двухходовой теплогенератор REX оборудован реверсивной топкой с выпуклым днищем и фланцеванной трубной доской, обеспечивающей податливость топки в процессе работы. Топливо – природный или сжиженный газ,



дизельное, мазут. Мощность типоряда – от 70 до 6000 кВт. Максимальное рабочее давление – 5 (для моделей мощностью до 3500 кВт) и 6 (от 4000 кВт) бар (по запросу – до 10 бар). КПД – до 93 %.

Трехходовые жаротрубные модели TNX (3000–19200 кВт) оснащены топкой с омываемым днищем и фланцеванной трубной доской. Максимальное рабочее давление – 6, 12 или 15 бар. КПД – до 93 %.

Двухходовые модели ASX (233 до 4651 кВт) с реверсивной топкой служат для приготовления перегретой воды. Максимальное рабочее давление – 5 или 12 бар. КПД – до 93 %.

Трехходовой котел ASGX (1395–19200 кВт), спроектированный в соответствии с последними нормами ЕС, также предназначен для приготовления перегретой воды. Для понижения теплового напряжения топки в конструкции не используются турбулизаторы и применена фланцеванная трубная доска. Рабочее давление – до 6, 12 или 15 бар. КПД – 93 %.

В программе поставок итальянской компании **Lamborghini** – котлы серий



Mega Prex N (90–3500 кВт) и Gaster N (51–317 кВт). Стальные двухходовые теплогенераторы Mega Prex N оборудованы полностью водоохлаждаемой реверсивной топкой. Максимальная температура теплоносителя – 110 °С. Рабочее давление – до 6 бар. КПД – не менее 91 %.

Аппараты Gaster N оснащены секционным теплообменником из эвтектического чугуна и встроенной атмосферной двухступенчатой горелкой. Максимальное рабочее давление – 6 бар. КПД – не менее 91 %.

Компания **Loos** (Германия–Австрия), в прошлом году вошедшая в Bosch Group, предлагает на российском рынке трехходовые жаротрубно-дымогарные котлы марки Unimat. В верхнюю часть установок встроен инжектор для повышения температуры воды в обратной линии. Задняя поворотная камера продуктов сгорания омывается водой. Полностью



откидная передняя дверца облегчает чистку и обслуживание. Ограничения на минимальную нагрузку горелки для работы без образования конденсата отсутствуют.

Для автоматизированного управления используется система LBC/LSC с наглядным отображением параметров на дисплее контроллера и вводом данных через сенсорный экран (об этой системе мы писали в статье «Автоматика для современной котельной», напечатанной в № 1 за 2010 г.)

Программа поставок включает также экономайзеры, модули деаэрации воды и установки для анализа качества котловой и питательной воды.

Мощность моделей – 750–38000 кВт. Топливо – газ, дизельное, мазут. Максимальная температура теплоносителя – 120, 190 или 240 °С в зависимости от модели. Рабочее давление – до 16 или 30 бар. КПД (без экономайзера) – до 95 %.

Задняя часть камеры сгорания трехходовых котлов Taurus Dual, предлагаемых под маркой **Nova Florida** (Италия), имеет



выпуклую форму для улучшения инверсии пламени. Особая система соединения между дымовыми трубами и передней пластиной увеличивает равномерность распределения температуры в топочной камере, что препятствует образованию отложений.

Мощность типоряда – от 70 до 3500 кВт. Применяемое топливо – газ, дизельное, мазут и отработанное масло. Рабочее давление – до 6 бар.

В числе продукции, поставляемой на российский рынок компанией **Protherm** (Словакия) – трехходовые



котлы серии NO («Бизон»). Типоряд включает 26 моделей мощностью от 70 до 3500 кВт (мощность в каскаде – до 10 МВт.) Рабочее давление – до 5 бар. КПД – до 93 %.

Производственная программа компании **Omnical** (Германия) включает широкий модельный ряд водогрейных котлов нескольких серий. Аппараты Omnimat (0,8–8 МВт) оборудованы реверсивной топкой. Дымогарные трубки третьего хода дымовых газов в моделях Omnistar (1–10 МВт) оснащены турбулизаторами. В серию трехходовых котлов Omnibloc (1,6–18,5 МВт) входят как

готовые к подключению малогабаритные, так и большие двухтопочные аппараты для работы на газообразном, жидком и твердом топливе.

Максимальная температура теплоносителя – 115 или 120 °С, давление – до 6, 10 или 20 бар.

Компания **Rendamax** (Нидерланды) предлагает в России водогрейные котлы нескольких серий. Газовые конденсационные водотрубные модели R600 оборудованы встроенной горелкой и топкой с высоким тепловым напряжением (горелка и топка – водоохлаждаемые).



Герметичное исполнение топки позволяет производить забор воздуха на горение как из помещения, так и снаружи. Оребренные трубы теплообменника выполнены из нержавеющей стали. Мощность моделей – от 142 до 539 кВт (модуляция мощности – 1:5). Рабочее давление – до 6 бар. КПД – не менее 98 %.

Газовые котлы R3400 (613–1860 кВт) оснащены встроенной водоохлаждаемой горелкой с предварительным смешиванием. Давление – до 6 бар. КПД – от 94 %.

Ассортимент концерна **Riello** (Италия) включает стальные жаротрубные котлы серий 3500 SAT (104–747 кВт), RTQ/RTQ I (105–4150 кВт), RTQ 2F (двухтопочные; 186–814 кВт), RTQ T (1165–10500 кВт), RTS (190–1000 кВт), TAU N (конденсационные; 147–1559 кВт). Максимальная температура теплоносителя – 100 или 115 °С. Рабочее давление – до 5, 6 или 8 бар. КПД – до 90,3–106,5 %.

Испанская компания **Roca** поставляет на российский рынок стальные жаротрубные трехходовые котлы CPA (58–1744 кВт) с реверсивной топкой, предназначенные для сжигания газа, жидкого топлива и отработанного масла. Они имеют полностью



охлаждаемую камеру сгорания. Применение турбулизаторов повышает теплоотдачу. Дверца котла входит в состав единого контура дымовых газов. Ее футеровка выполняется из двойного слоя легкого керамического материала и цемента. Корпус изолирован стекловатой толщиной 70 мм. Максимальная температура теплоносителя – 100 °С. Рабочее давление – до 5 бар. КПД – 92 %.

Среди предлагаемой в России продукции фирмы **Thermax** (Индия) – трехходовые

котлы Shellmax мощностью от 1 до 10 МВт. Используемое топливо – природный, коксовый и биогаз, дизельное, мазут. Рабочее давление – до 10,4 или 17,54 бара. КПД (с экономайзером) – до 93 %.

В ассортимент компании **Unical** (Италия), поставляемый в нашу страну, входят



двухходовые котлы с реверсивной топкой. Жаротрубные модели Ellprex (170–4000 кВт) имеют традиционную конструкцию с расположением конвективного пучка над жаровой трубой. Дымогарные трубки выполнены из углеродистой стали и оснащены турбулизаторами. Минимальная температура в обратной линии – 59 (при работе на газе) или 54 °С (на дизельном топливе). КПД – около 92 %.

Котлы Tristar (80–3500 кВт) имеют высший класс эффективности по СЕЕ 92/42 («три звезды»). Они выпускаются с нижним размещением конвективного пучка, изготовленного из двухслойных труб. КПД – до 96 %.

Рабочее давление всех моделей – до 6 бар (по запросу – до 10 бар). Температура теплоносителя – до 95 или 110 °С. Предусмотрена комплектация универсальной панелью управления для ручного и автоматического регулирования работы как одной котельной установкой, так и каскада.

Компания **Vapor** (Финляндия) предлагает на российском рынке трехходовые котлы ТТКВ (1–33 МВт), выпускаемые с одной или двумя жаровыми трубами. Максимальная температура теплоносителя – 115–150 °С, рабочее давление – до 10–20 бар.

Для комплектации блочно-модульных и реконструкции стационарных котельных предназначены трехходовые теплогенераторы AKU (0,4–1,6 МВт). Температура теплоносителя – до 115 °С, рабочее давление – до 10 бар.

Программа поставок германской компании **Viessmann** включает стальные котлы нескольких серий: Vitomax 100-LW (двухходовые с реверсивной топкой; мощность – 0,65–6 МВт; рабочее давление – до 6, 8 или 10 бар), Vitomax 200-LW (трехходовые; 2,1–19,5 МВт; 6, 10 или 16 бар), Vitomax 200-WS (с увеличенным водяным объемом; 1,75–11,63 МВт; 3 бара), Vitomax 300-LT (низкотемпературные; 1,86–5,9 МВт; 6 бар) и Vitomax 200-HW (для перегретой воды; 0,46–16,2 МВт; 6–25 бар). Максимальная температура теплоносителя – 115 °С (кроме Vitomax 200-HW – 205 °С). Топливо – газ, дизельное, мазут. КПД – до 96 %.

Передняя стенка трехходовых котлов имеет водоохлаждаемую кольцевую камеру в месте монтажа горелки. Корпус изолирован минеральной ватой толщиной до 120 мм. Для дополнительной защиты от низкотемпературной коррозии и расширения диапазона рабочих температур аппараты оснащены дымогарными трубками с двойной стенкой (кроме 100-й серии).

Автоматика Viessmann обеспечивает регулирование работы многокотловых



установок (в том числе – по датчикам наружной температуры). Возможна комплектация экономайзерами.

Группа компаний «**Аякс**» предлагает 29 моделей стальных жаротрубных двухходовых котлов Alpha мощностью до 3500 кВт. В моделях Alpha M (63–163 кВт) теплообмен

улучшен за счет регулируемого движения воды, инверсии пламени и конструктивных особенностей днища топки.

Котлы Alpha E (170–4000 кВт) оснащены турбулизаторами из нержавеющей стали. Фронтальная дверь обеспечивает полную герметичность топки и снабжена регулируемыми петлями для монтажа как с правой, так и с левой стороны. Теплоизоляция дверей выполнена из термостойкого композитного материала или огнеупорного цемента.

Топливо – газ или дизельное. Температура теплоносителя – до 110 °С, рабочее давление – до 6 бар. КПД – до 93 %.



В производственной программе ЗАО «Белогорье» (Шебекинский машиностроительный завод, Белгородская обл.) – водотрубные котлы КВ-ГМ (4,65–11,63 МВт) и жаротрубные КВа марок «Дуэт» (0,1–0,63 кВт) и «Квант» (0,4–4 МВт).

Ассортимент продукции **Бийского котельного завода** (Алтайский край) включает широкую гамму водогрейных котлов КВ-ГМ, ПТВМ, КВ-Р и «Прометей» работающих на газе, дизтопливе, мазуте, нефти. Диапазон мощности выпускаемого оборудования – от 0,63 до 116,3 МВт.

В производственной программе **Борисоглебского котельно-механического завода** (Воронежская обл.) – стальные автоматизированные котлы КСВа (0,25–2,5 МВт). Топливо – газ и жидкое топливо. Температура теплоносителя – до 95 или 115 °С, рабочее давление – до 6 бар. КПД – не менее 91 %. Также предлагаются чугунные теплогенераторы мощностью 250 кВт, работающие на газе и твердом топливе.

Завод котельного оборудования ОАО «Вольф Энерджи Солюшен» (Смолен-



ская обл.) выпускает водогрейные котлы серий Duotherm (500–2000 кВт), GKS Dynatherm (1700–5800 кВт) и Eurotherm (3,15–58,2 МВт). Жаротрубные модели Duotherm (двухходовые) и GKS Dynatherm (трехходовые) изготавливаются по лицензионному соглашению с концерном Wolf (Германия). Рабочее давление – до 6 бар. Максимальная температура теплоносителя – 95 или 115 °С. КПД – не менее 92 %.

Водотрубные теплогенераторы Euro-therm выпускаются в газоплотном исполнении. Расчетное давление на входе в котел – 16 бар. Максимальная температура теплоносителя – 115 или 150 °С. КПД (при работе на газе) – не менее 93 %.

Производственная программа ЗАО «Газдевайс» (Московская обл.) включа-



ет котлы Gazdevaice (200–600 кВт), оборудованные встроенной модуляционной (23–100 %) газовой горелкой с предварительным смешиванием и чугунно-медным теплообменником. Температура теплоносителя – до 110 °С. Рабочее давление – до 5 или 6 бар. КПД – до 94 %.

Для комплектации стационарных и блочно-модульных автоматизированных котельных предлагаются стальные двух- (100–500 кВт) и трехходовые (1–12 МВт) жаротрубные котлы КВ. Температура теплоносителя – до 115 °С. КПД – 91–93 %.

Компания «Газтехпром» (Рязань) начала серийный выпуск стальных жаротрубных котлов Titan Prom с реверсивной топкой, предназначенных для сжигания газообразного или жидкого топлива. Для увеличения теплосъема в дымогарные трубки котла устанавливаются турбулизаторы. Передняя дверца имеет регу-



лировочные шарниры, обеспечивающие плотное закрытие, изоляция выполнена из муллит-кремнеземистого волокна. Снаружи котел утеплен стекловолокном и заключен в окрашенный стальной кожух. Мощность типоряда – от 100 до 1800 кВт. Рабочее давление – 6 бар. КПД – не менее 91 %.

Завод «Дорогобужкотломаш» (Смоленская обл.) выпускает широкий модельный ряд водогрейных котлов для промышленного применения. Трехходовые водотрубные теплогенераторы «Смоленск» (их устройство описано в статье «Водогрейные котлы: обзор конструкций») работают на газе и дизельном топливе. Мощность типоряда – 1,16–4,65 МВт. Рабочее давление – 6 или 10 бар в зависимости от модели. КПД – до 94,9 %.



Газовые котлы серии Vacumatic – пароконденсационные (принцип действия также описан в указанной статье). По результатам эксплуатации в конструкцию внесен ряд изменений. Так, исполнение фронтальной части в виде открывающейся камеры облегчает монтаж горелки и улучшает доступ к внутренним элементам. На передней части размещены взаимозаменяемые патрубки подвода и отвода внешнего теплоносителя. Мощность типоряда – от 0,63 до 2 МВт. КПД – 92 %.

Трехходовые жаротрубные котлы «Днепр» предназначены для сжигания мазута, сырой нефти, газа и дизельного топлива. Мощность – от 1,2 до 4,5 кВт. Температурный график – 115/70 и 95/70 °С. Рабочее давление – 6 бар. КПД – 94,7 %.

Жаротрубно-дымогарные котлы «Дорогобуж» с реверсивной топкой выпускаются в диапазоне мощности от 50 до 2320 кВт. Дымогарные трубки оснащены турбулизаторами. Рабочее давление – 6 бар. КПД – 91 %.

Водотрубные газоплотные котлы туннельного типа КВ-ГМ поставляются в облегченной обмуровке и металлической обшивке одним или двумя блоками (топочный и конвективный). Возможно применение длиннофакельных горелок. Работают на газе и дизельном топливе. Мощность – 7,56–11,63. Температурные режимы – 150/70 и 115/70 °С. Рабочее давление – от 4,3 до 10 бар. КПД – до 94,5 %.

Для замены выработавших ресурс теплогенераторов ТВГ-8,3 предлагаются водотрубные котлы КВ-Г-14-150 и КВ-Г-9,65-150 (9,65 и 14 МВт соответственно). Рабочее давление – до 16 бар. КПД – 92,5 %.

Газомазутные водотрубные котлы КВ-Г имеют горизонтальную (при мощности 10–30 МВт) или П-образную (50–209 МВт) компоновку. Они состоят из топочной камеры и конвективного блока. Предусмотрена установка отечественных или зарубежных горелок. Для удаления наружных отложений с конвективных поверхностей котлы, работающие на мазуте, комплектуются устройством газоимпульсной очистки. Рабочее давление – до 16 бар. КПД – до 93,3 %.

Как и КВ-Г, прямоточные котлы ПТВМ входят в традиционную номенклатуру завода. ПТВМ-30 имеет П-образную компоновку, более мощные модели – башенную (в вертикальной топочной камере располагается конвективная поверхность нагрева). Рабочее давление – до 16 МВт. КПД – до 92,8 %.

Завод энергетического машиностроения «Зиосаб-Дон» (Волгодонск) предлагает жаротрубные модели марки «Зиосаб», предназначенные для работы на газообразном и жидком топливе. Мощность моделей – от 125 до 5000 кВт. Температура теплоносителя – до 95 или 115 °С; рабочее давление – до 5, 6 или 10 бар. КПД – до 92 %.

Серия FR включает аппараты мощностью от 0,5 до 15 МВт. Температура теплоносителя – до 115 или 150 °С. Рабочее давление – 10 или 16 бар.

Группа компаний «Рэмэкс» (Москов-

ская обл.) выпускает стальные жаротрубные аппараты марки «Турботерм», оборудованные реверсивной топкой. Номинальная мощность – от 110 до 3150 кВт. Температура теплоносителя – до 115 °С. Рабочее давление – до 6 бар. КПД – до 92 %.

Также выпускаются котлы «Турботерм-Стандарт», имеющие трехходовую конструкцию и меньшие габаритные размеры. Мощность типоряда – от 250 до 1000 кВт.

Серия трехходовых котлов «Турботерм-Гарант» включает модели мощностью от 1500 до 7000 кВт.

Ассортимент котельной техники, выпускаемой ЗАО «Энергомаш (Белгород)», включает газомазутные изделия КВГМ мощностью от 23,26 до 139,56 МВт (20–120 Гкал/ч). Температура теплоносителя – до 150 °С. Рабочее давление – до 25 бар. КПД – до 95,5 %.

В производственной программе компании «Энтророс» (Санкт-Петербург) – жа-



ротрубные котлы марки «Термотехник». Дымогарные трубки двухходовых ТТ50 (250–900 кВт) оснащены турбулизаторами. Фронтальная крышка может полностью откидываться, либо открываться (вправо или влево) с установленной горелкой. Теплоизоляция выполнена из минеральной ваты толщиной 100 мм.

Номинальная мощность трехходовых моделей ТТ100 – от 1 до 15 МВт. Для приготовления перегретой воды выпускаются котлы ТТ100-1.

Максимальная температура теплоносителя – 115 °С (у ТТ100-01 – 140 °С), давление – до 6 бар (у ТТ100-01 – до 8,5 бар). КПД – до 93,6 %.



Промышленные котлы на твердом топливе в Интернете

Тема предлагаемого обзора – водогрейные котлы мощностью свыше 100 кВт, работающие на различных видах твердого топлива.

www.bikz.ru

Бийский котельный завод (Алтайский край) специализируется в производстве котельного и вспомогательного оборудования. Среди выпускаемой техники – твердотопливные котлы серии КВ (0,63–2,5 МВт) и водотрубные теплогенераторы «Гефест» (0,4–2,5 МВт), работающие на каменном или буром угле и древесных отходах. Также предлагаются топки НТКС для сжигания нетрадиционных и низкосортных видов топлива. Есть контактная информация сервисных центров и официальных представительств завода в различных городах РФ, включая Москву (www.mpbikz.ru).

www.bkmz.ru



Борисоглебский котельно-механический завод (Воронежская обл.) выпускает промышленное и бытовое котельное оборудование, транспортабельные котельные, котельную автоматику и изделия из чугуна. Среди представленного оборудования – чугунные котлы КЧВа-025Гн и стальные – КСВр-0,25 номинальной мощностью 0,25 МВт.

www.carborobot.hu

Сайт венгерской компании Carborobot, предлагающей одноименные автоматизированные котлы для сжигания пеллет, щепы, сельскохозяйственных отходов, угля и других видов. Мощность моделей – от 30 до 1000 кВт. Информация приведена на русском языке.

www.cotlo-stroy.ru



Компания «Балткотломаш» (Санкт-Петербург) выпускает котельное и вспомогательное оборудование. Среди изготавливаемой продукции – теплогенераторы с ручной топкой КВр (0,25–1,25 МВт), работающие на древесном топливе и угле. Также предлагаются котлы КВм (0,25–2 МВт) с механизированной подачей топлива (пеллеты, древесные отходы, уголь).

dke-omnical.ru



Сайт компании ДКЕ (Москва) – официального представителя фирмы Omnical (Германия). Предлагаются твердотопливные котлы, работающие на угольном топливе различных типов, включая антрацит и каменный уголь. Мощность предлагаемого оборудования – от 0,44 до 2,5 МВт.

www.ekodrev.ru



Компания «Экодрев» (Тверь) специализируется на выпуске котлов и тепловентиляторов, работающих на древесных отходах, а также вспомогательного оборудования – линий для производства пеллет, агрегатов для сушки древесных отходов. Для сжигания древесных отходов и пеллет предлагаются котлы мощностью от 0,1 до 1,6 МВт.

www.dkm.ru



Сайт ОАО «Дорогобужкотломаш» (Смоленская обл.) – производителя широкого спектра водогрейного оборудования. Среди выпускаемой продукции – твердотопливные котлы серий KB-P и KB-F, работающие на угле. Диапазон мощности – от 0,63 до 58,2 МВт.

www.ekodrev.ru

Компания «Экодрев» (Тверь) специализируется на выпуске котлов и тепловентиляторов, работающих на древесных отходах, а также вспомогательного оборудования – линий для производства пеллет, агрегатов для сушки древесных отходов. Для сжигания древесных отходов и пеллет предлагаются котлы мощностью от 0,1 до 1,6 МВт.

ekotermo.ru



ООО «Экотерм» (Москва) поставляет котлы фирмы Facci (Италия), предназначенные для работы на дровах, древесных отходах и пеллетах. Имеются представительства в Санкт-Петербурге и Челябинской области.

www.ferroli.ru

Компания Ferroli (Италия) выпускает широкий спектр бытового и промышленного котельного оборудования. Среди предлагаемой продукции – котлы серий Forest, Woodmatic S/SGM и BI COMB S/SGM, предназначенные для сжигания различных видов древесного топлива. Диапазон мощности – от 0,116 до 5,815 МВт.

generation.ru



Предприятия ПГ «Генерация» производят и поставляют теплоэнергетическое, нефтегазовое и другое оборудование. В числе предлагаемой продукции – твердотопливные котлы KB-T мощностью 500 кВт.

www.grandeg.ru

Сайт российского представительства компании Grandeg (Латвия), специализирующейся в производстве отопительного оборудования на древесных гранулах. Среди выпускаемого оборудования – автоматизированные котлы серии GD мощностью от 15 до 500 кВт.

www.heatuniv.ru



ООО «Теплоуниверсал» (Санкт-Петербург) выполняет проектирование и строительство котельных, а также занимается производством и поставками котельного оборудования. В числе продукции – твердотопливные котлы КСВ-Ф и КВм(а) мощностью 200–1000 и 300–800 кВт соответственно. Имеются представительства в Бугульме, Новгороде и Пскове.

herz-armaturen.ru



Сайт российского представительства компании Herz Armaturen (Австрия), предлагающей в нашей стране продукцию марки Herz Feuerungstechnik. В том числе – автоматизированные твердотопливные установки мощностью от 500 до 1000 кВт.

izhkotel.ru



Ижевский котельный завод выпускает транспортабельные и модульные котельные установки, а также теплогенераторы мощностью от 0,3 до 2,5 МВт. Среди предлагаемого оборудования – твердотопливные котлы с ручными и механизированными топками.

www.jaromax.ru

Сайт компании «ЯроМакс», предлагающей высокотехнологичные решения в области промышленной энергетики. Среди поставляемой продукции – твердотопливные водогрейные котельные установки германского производства – SR-EB/B-EB (116–2000 кВт) и TR-B (300–6000 кВт), предназначенные для сжигания древесных отходов.

www.kalvis.lt



В числе выпускаемой литовской фирмой Kalvis продукции – теплогенераторы нескольких серий мощностью до 5000 кВт, работающие на различных видах твердого топлива.

www.kzavod.ru

Одно из направлений деятельности Кировского завода (Калужская обл.) – производство отопительного оборудования. Предлагаются котлы КВР «Универсал» РТ мощностью от 120 до 200 кВт, оборудованные ручной топкой.

www.nestro.net



Сайт посвящен продукции германской компании Nestro Lufttechnik, среди которой – твердотопливные (дрова, щепа, брикеты, пеллеты) котлы мощностью от 15 до 5000 кВт и вспомогательное оборудование.

www.ovm.ru



В числе предлагаемой ООО «Центр ОВМ» (Москва) продукции котлы финской компании Ariterm мощностью от 0,12 до 3 МВт, работающие на сыпучих видах твердого топлива.

www.thermax-moscow.ru



Сайт компании Thermax (Индия), программа поставок включает комбинированные котлы Combiras (1–10 МВт), оборудованные топками кипящего слоя и предназначенные для сжигания угля, торфа, древесного топлива и сельскохозяйственных отходов..

pskovkotel.ru

Псковский котельный завод специализируется на выпуске промышленного котельного оборудования. В номенклатуре предприятия – котлы серии КВ-Р мощностью от 0,5 до 0,8 МВт, оснащенные колосниковыми решетками и работающие на дровах, угле или торфе.

vcks.ru

Фирма «Петрокотел-ВЦКС» (Санкт-Петербург) специализируется на производстве котельного оборудования, использующего технологию высокотемпературного циркулирующего кипящего слоя (ВЦКС). Производственная программа включает котлы мощностью от 1,3 до 58,2 МВт на каменном и буром угле, отсевах, древесных отходах.

www.viessmann.ru



Сайт российского представительства Viessmann (Германия). В 2007 г. компания приобрела австрийские фирмы K \ddot{o} b и Mawera, специализирующиеся в производстве промышленного котельного оборудования на древесном топливе.

www.ytm-kotel.ru

ПО «Уралтехмонтаж» (Ижевск) выпускает котельную технику, модульные котельные и вспомогательное оборудование. Для сжигания угля, торфа и древесных отходов предлагаются котлы «Богатырь» мощностью от 0,34 до 1,6 МВт.

termowood.ru



Компания «Ковровские котлы» (Владимирская обл.) предлагает широкий диапазон воздухонагревателей и котлов мощностью с механизированной подачей, работающих на различных видах твердого топлива. Их мощность – от 0,1 до 3 МВт. Есть представительства в Москве и Красноярске, а также в Белоруссии.



Основная масса воды, потребляемой предприятиями всех отраслей, включая объекты энергетики и, прежде всего, ТЭЦ используется для охлаждения тепловыделяющего оборудования

Об экономической эффективности градирен и водооборотных систем

В. Галустов, д. т. н., профессор

Фундаментальные работы в области водооборотных систем и градирен были выполнены еще в середине прошлого века и обобщены в ряде монографий (например, Л.Д. Берман «Испарительное охлаждение циркуляционной воды», М.–Л.: «Госэнергоиздат», 1957, 320 с.; В.А. Гладков, Ю.И. Арефьев, В.С. Пономаренко «Вентиляторные градирни», М: «Стройиздат», 1976, 216 с.). В основном водооборотные системы в то время строились на крупных ТЭЦ, НПЗ и металлургических заводах, обеспечить которые охлаждающей водой в проточном режиме становилось все более затруднительно. За прошедшие годы (особенно – в условиях рыночной экономики) водооборотные системы стали внедряться даже на малых предприятиях. Появились десятки конструктивных решений градирен. Вместе с тем вопрос энергетической эффективности водооборотных систем и охлаждающих устройств оставался в сторо-

не. Мы попытались восполнить этот пробел. Проведенный анализ существующих водооборотных систем и градирен позволил предложить варианты оптимальных решений.

Системы водооборота

Можно выделить два типа систем – закрытые и открытые. В первых охлаждающая вода, проходя через потребителей (например, через конденсаторы турбин ТЭЦ; в контексте данной статьи – энергоцентры любой мощности, работающие в режиме когенерации), нагревается, а в охлаждающем устройстве отдает полученное тепло. Потери воды в системе и подпитка отсутствуют, водяной контур полностью закрытый. (Мы не конкретизируем способ охлаждения воды и дальнейшую судьбу отобранной теплоты. Отметим лишь, что в подавляющем большинстве случаев эта теплота тем или иным способом рассеивается в окружаю-

щей среде, так как утилизация ее почти всегда экономически не оправдана.)

К закрытым можно отнести системы с так называемыми сухими градирнями (аппараты АВГ и АВЗ), аналогичные системам охлаждения двигателей внутреннего сгорания. После всплеска 70-х гг. прошлого века такие системы в промышленности применяются крайне ограниченно. Причин тому много, назовем основные. Избежать потерь воды и, соответственно, подпитки системы в реальных производственных условиях практически невозможно. Что еще более существенно, сухие градирни оказались сложными, громоздкими, дорогостоящими и весьма энергоемкими устройствами. Нижний предел охлаждения в них на 5–8 °С (а при загрязненных поверхностях – на 12–18 °С) выше температуры окружающего воздуха. Последнее обстоятельство затрудняет обеспечение температуры охлажденной воды ниже 40 °С в летний период, что во многих

случаях недопустимо. И главное, удельные расходы электроэнергии в таких аппаратах в 7–10 раз больше, чем в традиционных вентиляторных градирнях.

Известны и другие варианты создания систем без потерь воды и подпитки. Вместо дорогостоящих сухих градирен могут использоваться подземные аккумуляторные емкости. Такие схемы предлагались для оборудования, работающего только в дневное время, и использовали холод, накопленный охлаждающей водой (от грунта через стенки) в ночное время. Очевидно, что в рабочие циклы температура воды в аккумуляторной емкости будет расти. Соответственно будет расти и температура нагретой воды после потребителей. Следовательно, объем воды (и бака) должен быть таким, чтобы температура воды за весь рабочий цикл не превысила предельного значения. Нетрудно показать, что при 10–12-часовом рабочем цикле в сутки вода в емкости не должна обернуться более двух–трех раз, то есть при расходе охлаждающей воды $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ бак должен иметь емкость 200–300 м^3 . При увеличении продолжительности рабочего цикла и расхода воды через потребителей это число может существенно вырасти. Для больших систем и для непрерывных производств (в том числе ТЭЦ) этот вариант вообще исключен.

В открытых системах реализован принцип испарения 1–2 % (в отдельных случаях и больше) охлаждаемой воды при ее непосредственном контакте с охлаждающим воздухом. Испарение в сочетании с теплопередачей от нагретой воды к более холодному воздуху положено в основу работы всех устройств испарительного охлаждения, которые собственно и называются градирнями. Отличия между ними не являются принципиальными с рассмотренных позиций и состоят в способе подвода воздуха, методе и форме развития поверхности контакта воды и воздуха, конструктивном оформлении.

В идеальном случае потери воды в открытой системе сводятся к испарению и компенсируются подпиткой, однако на практике это недостижимо. Даже если получится свести к нулю потери через неплотности системы и механический унос в охладителе, исключить дренажный сброс (продувка системы) не удастся.

Системы заполняются и подпитываются из природных источников водой, содержащей растворенные в ней соли. И если ограничиться компенсацией потерь от испарения, то концентрация солей будет неуклонно возрастать, в пределе – до кристаллизации.

Объем дренажа определяется содержанием солей в подпиточной воде и обычно составляет 3–5 %. Компенсирующая подпитка позволяет поддерживать соле-содержание в системе на некотором (пусть и более высоком, чем в исходной воде) допустимом уровне. Для практиков отметим, что если механический унос влаги в сочетании с потерями в системе не превышают заданный дренажный сброс, то их можно считать приемлемыми.

Для полноты картины упомянем комбинированный вариант, который может оказаться эффективным для некоторых малых и средних систем. В этом случае над аккумуляторной емкостью устанавливается испарительный охладитель, который обеспечивает дополнительный тепло-съем во время рабочих циклов (когда температура воздуха меньше температуры воды в емкости) и интенсифицирует накопление холода между ними. Такой вариант позволяет в несколько раз уменьшить объем бака, замедлить рост температуры и при этом использовать маломощную градирню.

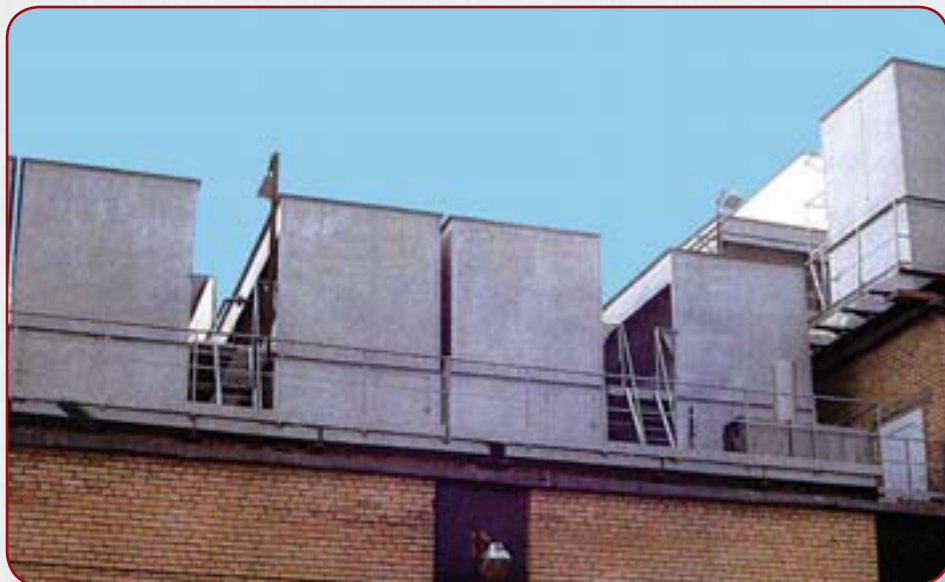
Следующий по важности вопрос, который приходится решать при организации максимально экономичного потребления

охлаждающей воды, – это выбор между централизованными, групповыми и локальными системами. Неоспоримые преимущества локальных систем перед централизованными были показаны нами в ряде публикаций (В.М. Макаров, В.С. Галустов и др. «Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях», М: «Машиностроение», 1988, 272 с.; В.С. Галустов «Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике», М: «Энергоатомиздат», 1989, 240 с.; В.С. Галустов «Оптимизация систем охлаждения оборотной воды», журнал «Аква-Терм», 2004, № 1). Там же рекомендован порядок поэтапной децентрализации изношенных систем. Заинтересованному читателю рекомендуем обратиться к указанным публикациям.

Градирни

Выбор типа и конструкции охладителя, либо решение о модернизации или реконструкции существующих градирен всегда является замыкающим этапом. Перед этим определяются реальные тепловыделения (необходимый теплосъем) в целом и по отдельным группам оборудования, оптимальное число локальных или групповых систем и т. д.

Анализируя устройства и сооружения испарительного охлаждения, оставим в стороне простейшие – пруды-охладители, брызгальные бассейны, открытые градирни – в силу их малой эффективности и ограниченности применения. Опустим



также башенные градирни, так как их использование оправдано только в очень крупных системах с единичной производительностью не менее 6000 м³/ч.

В таком случае выбор принципиальных конструктивных решений сужается фактически до двух вариантов – противоточные вентиляторные (пленочные и капельные) градирни и прямоточные распылительные эжекционные аппараты «Муссон». Рассмотрим их особенности, отличия, достоинства и недостатки в контексте энергоэффективности.

Первым принципиальным различием является способ развития поверхности контакта фаз (воды и воздуха). В вентиляторных градирнях эта поверхность формируется при растекании воды по оросителю (насадке) в виде пленки.

В «Муссонах» поверхность контакта – это поверхность капель, образующихся при распыливании охлаждаемой воды специальными форсунками (средний размер капель для форсунок различного типоразмера и режима работы – от 0,3 до 0,8 мм). Благодаря этому поверхность контакта почти на порядок выше, чем в вентиляторных градирнях.

Второе различие заключается в способе подачи охлаждающего воздуха. В градирнях воздух подается принудительно с помощью вентилятора. Отметим сразу связанные с этим недостатки. Во-первых, это затраты электроэнергии на привод вентилятора.

Во-вторых, неоднородность соотношений расходов потоков по сечению насадки: возникают зоны с недостаточным и избыточным удельными расходами воздуха (это явление характерно для всех насадочных аппаратов).

В-третьих, расход воздуха определяется только параметрами вентилятора и продуваемого слоя насадки. Увеличение или уменьшение нагрузки по воде в лучшем случае не влияет на абсолютный расход воздуха (на практике же увеличение подачи воды влечет за собой рост гидравлического сопротивления слоя и соответствующее уменьшение расхода воздуха). Это значит, что удельный расход воздуха (и, соответственно, мощность вентилятора) должны рассчитываться по максимальному расходу воды.

В аппаратах «Муссон» картина иная. Эжекционный эффект в принципе исклю-



чает неравномерность: так как воздух засасывается за счет энергии, передаваемой ему каплями при непосредственном контакте, то распределение удельных потоков достаточно однородно.

Кроме того, в рабочем диапазоне давлений воды на форсунках (0,1–0,4 МПа) коэффициент эжекции (удельный расход воздуха) – достаточно постоянная величина. «Муссоны» обладают свойством саморегулирования – изменение расхода воды приводит к пропорциональному изменению расхода воздуха. А так как с увеличением расхода (давления) поверхность контакта увеличивается (уменьшается средний размер капель), то эффективность даже возрастает. Напомним, что в вентиляторных градирнях картина обратная.

У «Муссонов» есть и другие достоинства. Низкий уровень шума играет важную роль, если предприятие располагается вблизи жилой застройки. Благодаря малому удельному давлению на опорную поверхность возможна установка на крышах зданий, антресольных площадях, козырьках и т. д. Мобильность конструктивного решения позволяет адаптировать их к конкретным условиям, включая габаритные ограничения, а также осуществлять реконструкцию изношенных вентиляторных градирен.

Особо следует отметить простоту конструкции, которая обуславливает высокую надежность, стабильность характеристик, большой межремонтный пробег, удобство и дешевизну обслуживания, пожарную безопасность и длительный срок службы. При этом следует иметь в виду, что простота эта во многом кажущаяся. Распыливание охлаждаемой воды

форсунками – условие необходимое, но не достаточное. Решающее значение имеют соотношения размеров, подбор группы, типоразмеров и расположение форсунок, их класс, характеристики и целый ряд других факторов, только при соблюдении которых обеспечивается требуемый коэффициент эжекции и необходимое охлаждение воды.

Отметим, что в тех случаях, когда нарушается ряд обязательных условий, эффект эжекции не возникает, а воздух поступает только за счет тяги (теплого напора) собственно башни градирни, т.е. после реконструкции она работает как открытая распылительная градирня. Соответственно невелика и эффективность (в 2–3 раза ниже, чем у новой вентиляторной градирни или «Муссона») и как следствие – в 2–3 раза завышенные объемы перекачиваемой воды и связанные с этим затраты.

К неоспоримым преимуществам вентиляторных градирен перед Муссонами следует отнести то, что в случае дефицита площадей для размещения охладителя можно обеспечить требуемую компактность путем подбора вентилятора с соответствующими характеристиками (т.е. повысить плотность орошения в несколько раз), разумеется, за счет снижения энергоэффективности.

В заключение этого раздела статьи обращаем внимание на то, что иллюзия благополучия может возникнуть в тех случаях, когда мощность имеющихся на предприятии градирен существующей системы водооборота многократно перекрывает потребный в настоящее время теплосъем. Энергетическая эффективность в этом случае, конечно, минимальная.

О нетипичных случаях

Напомним, что правилами проектирования стандартных вентиляторных градирен («Пособие по проектированию градирен» (к СНиП 2.04.02-84), ЦИТП, 1982, 192 с.) предусматриваются наиболее типичные, в некотором смысле, оптимальные, условия

в отношении параметров охлаждающего воздуха, температуры нагретой воды, плотности орошения. Например, на ТЭЦ наиболее часто встречающаяся температура охлаждаемой воды (на входе в градирню) – 40 °С. В среднеевропейских условиях при такой температуре и при плотности орошения 4–6 м³/м²/ч температурный перепад для большинства типовых вентиляторных градирен составляет 6–8 градусов. Удельный расход воздуха при этом обеспечивается на уровне 700–900 м³ воздуха на 1 м³ охлаждаемой воды.

Оборудование (обычно импортного производства), на основе которого осуществляется в последние годы перевооружение предприятий, предъявляет все более жесткие требования к охлаждающей воде, что неизбежно сопровождается ростом капитальных, а зачастую и эксплуатационных затрат.

Так, если не допускается нагрев воды на входе в градирню более 35–37 °С, то температурный перепад в градирне уменьшается на 4–5 °С, что ведет к снижению теплосъема примерно на 40 %. С другой стороны, расход охлаждающей воды и температурный перепад также строго регламентируются. (В конкретном примере, с которым мы столкнулись, была поставлена задача охлаждения определенного объема воды с 37 до 27 °С).

Если отбросить вариант разбавления охлаждающей воды свежей холодной (с соответствующим сбросом в канализацию нагретой), то остается единственный путь, теоретически доступный для всех градирен, – снижение плотности орошения (повышение удельного расхода охлаждающего воздуха). В нашем примере температурный перепад необходимо увеличить фактически вдвое. Нетрудно показать, что плотность орошения должна быть уменьшена почти в два раза. А это значит, что гидравлическая нагрузка на градирню (или секцию) также снизится вдвое. То есть для обеспечения заданной производительности системы водооборота число секций (или градирен) тоже должно возрасти в два раза.

Итак, в данном примере для выполнения поставленной задачи с использованием вентиляторных градирен капитальные затраты возрастают в два раза (на градирни, трубопроводы, насосы, запорную

арматуру и т.д.). Опять-таки в два раза возрастут затраты на перекачку воды в системе и – внимание! – на работу вентиляторов градирен.

Теперь оценим эту ситуацию в случае применения градирен «Муссон». Так как они работают в режиме самоэжекции охлаждающего воздуха и вентилятор в них отсутствует, то и последней составляющей роста энергетических затрат не будет. А если учесть, что эффективность «Муссонов» примерно на 20–25 % выше, а необходимое снижение плотности орошения – в 1,5 раза, то и капитальные затраты возрастут не в 2, а в 1,5 раза. (Отметим, что выполнение еще более жестких условий для стандартных вентиляторных градирен может оказаться вообще недостижимым.)

Для полноты картины упомянем еще один достаточно часто встречающийся круг задач, связанных с необходимостью охлаждения оборотной воды с высоких (60–80 °С) температур до сравнительно низких (30–40 °С). Это, например, охлаждение флегмы в дефлегматоре ректификационной колонны, применяемой, в частности, при нефтепереработке и в пищевой промышленности. Обычно для решения такой задачи охлаждение воды предлагается осуществлять в две ступени, что равносильно строительству двух подключенных последовательно в отношении охлаждаемой воды систем со всеми вытекающими негативными последствиями (удвоение потребных производственных площадей – самое незначительное из них).

В данном случае достижение требуемого результата возможно только для градирен «Муссон». Охлаждение воды на 25–30 °С потребует испарить 5–6 % охлаждаемой воды (против 2 % при перепаде в 10–11 °С). Для этого удельный расход воздуха должен возрасти в 2,5–3 раза по сравнению со случаем охлаждения на 10 °С. Для обеспечения коэффициента эжекции 2500–3000 (а это реально) плотность орошения придется снизить в 2,5–3 раза с соответствующим пересчетом всего водовоздушного тракта аппарата. Последнее является нормальной практикой, поскольку градирни «Муссон» разрабатываются исключительно индивидуально под конкретные условия.

Снижение плотности орошения в 2,5–3 раза в противоточных вентиляторных градирнях может не только не повлечь роста температурного перепада, а даже привести к его снижению, так как вся система водораспределения не рассчитана на работу при нагрузках менее 30 % номинала. Поэтому должна быть спроектирована совершенно иная градирня, однако избежать роста затрат (в 2,5–3 раза соответственно) электроэнергии на привод вентиляторов все равно не удастся.



Из всего вышесказанного следует, что при решении задач, отклоняющихся от типичных случаев, альтернативы градирням «Муссон» в настоящее время фактически нет.

Резюме

Из анализа возможных схем построения водооборотных систем можно сделать главный вывод: воду можно охлаждать почти без потерь (и без подпитки системы), но дорого, или с разумными потерями, но и с меньшими затратами. То есть речь может идти об оптимальных вариантах, когда важен грамотный выбор и разумный компромисс. Децентрализация существующих водооборотных систем является существенной составляющей повышения экономичности замкнутого потребления охлаждающей воды.

На последнем фото – градирня «Муссон-250» (производительность 250 м³/ч, габариты 12×4,5×3,8 м) на фоне трехсекционной вентиляторной градирни (производительность секций – 250 м³/ч, габариты – 8×8×11 м, мощность привода вентилятора – 32 кВт).



В энергоцентре смонтированы четыре когенераторных установки с электрической мощностью 1,5 и тепловой 1,4 МВт каждая, два котла фирмы Loos по 3,8 МВт и холодильная станция на базе абсорбционных машин.

Мини-ТЭЦ в «Трех китах»

Уже 10 лет функционирует система автономного электротеплоснабжения торгового комплекса «Три кита» в Москве. (Комплектация, монтаж и наладка оборудования австрийской фирмы Jenbacher осуществлены специалистами МПНУ «Энерготехмонтаж».) Концепция строительства собственного источника электро-, тепло- и холодо-снабжения определялась заказчиком, а конфигурации электроцентра и подбор оборудования основывались на подробных суточных графиках проектируемых нагрузок, включающих требуемые электрические и тепловые мощности в зимний и летний периоды. На тот момент подключение к электрическим сетям выполнить было нельзя из-за отсутствия необходимой мощности.

Приоритетным в «Трех китах» стало электроснабжение. Выбор конкретной модели стационарного ГПА (JG126S-E01) и генератора произведен, исходя из показателей эффективности, токсичности отработавших газов, требуемого коэффициента избытка воздуха, принципов

регулирования мощности и нагрузочной характеристики.

В энергоцентре смонтированы четыре когенераторных установки с электрической мощностью 1,5 и тепловой 1,4 МВт каждая, два котла фирмы Loos по 3,8 МВт, используемые для покрытия пикового потребления тепловой энергии для отопления и холодильной станции на базе абсорбционных машин, а также необходимое управляющее и вспомогательное оборудование. Генерируемая электроэнергия не только полностью обеспечивает потребности самого торгового комплекса, но и поставляется расположенному рядом радиорынку.

Исходя из выбранной концепции, в центре создана собственная эксплуатационная служба. В смену входят начальник и диспетчер. Оперативно-ремонтный персонал состоит из трех групп (эксплуатации двигателей и газового оборудования, электротехнического, теплотехнического и вспомогательного оборудования) по 3–4 человека. Это позволило добиться значительной

экономии средств. Так, компанией – производителем когенераторных установок предусмотрены следующие виды обслуживания (инспекций): А (мелкий ремонт и сервисное обслуживание) – 1,2 %; В (средний ремонт и сервисное обслуживание) – 1,8 %; С (капитальный ремонт) – 9,6 % балансовой стоимости мини-ТЭЦ (без оплаты проезда персонала и суточных).

Своя эксплуатационная служба энергоцентра торгового комплекса «Три кита» позволила значительно сократить трудозатраты приглашенных специалистов за счет использования квалифицированного труда собственных сотрудников. Трудозатраты по проведенным инспекциям А и В распределились следующим образом: 20 человеко-часов – сервисная служба фирмы и 60 – заказчик (инспекция А); 70 и 140 (инспекция В).

Предполагается, что при наработке модулями 40000 ч (инспекция С) собственные трудозатраты составят еще большую долю – 2950 человеко-часов

(850 из них – сервисная служба). Для проведения с «опорой на собственные силы» инспекции А необходимы 4 человека (1 – из сервисной службы и 3 – из эксплуатационной), В – 8 (3 и 5) и С – 21 человек (8 и 13).

Основные работы, связанные с текущим обслуживанием (мелкий ремонт, замена масла, охлаждающей жидкости и т.п.), проводила эксплуатационная служба заказчика. Предусмотрена и оперативная связь (Интернет) с компанией – производителем оборудования.

Для проведения среднего ремонта (инспекция В) приглашены специалисты сервисной службы производителя оборудования. У него же закуплены запчасти, предусмотренные инструкцией. Однако, как оказалось впоследствии, значительная их часть (около 50 % стоимости) не была использована при регламентных ремонтных работах в связи с хорошим состоянием многих узлов ГПА. В то же время не следует стремиться экономить любой ценой, произвольно увеличивая срок службы деталей. Например, если, условно, производитель дает на свечу наработку 1000 ч, не надо заставлять ее работать вдвое дольше. Кажущаяся экономия грозит большими проблемами. Неисправная свеча ценой в 600 долл. может стать причиной серьезной поломки двигателя.

Важным для устойчивой работы мини-ТЭЦ оказалось создание независимого контура отопления, позволившего улучшить контроль параметров сетевой воды и сделать постоянным ее расход в котловом контуре.

Для оперативной проверки химических параметров масла, охлаждающей жидкости и сетевой воды на мини-ТЭЦ в «Трех китах» организована собственная лаборатория. Соответствующие анализы (в установившемся режиме – ежедневно, при испытаниях – два раза в день) проводит работающий в штате лаборант с высшим специальным образованием. Такая организация контроля параметров не только экономит средства, но и позволяет оперативно принимать решения, связанные с эксплуатацией ГПА. Стороннее предприятие, с которым может быть заключен договор о проведении анализа, обычно не имеет

опыта эксплуатации данного оборудования, и его специалистам практически невозможно давать какие-либо рекомендации. На начальном этапе эксплуатации энергоцентр работал полностью автономно, затем было выполнено подключение к электрическим сетям по стороне 10 кВ через блок автоматического ввода резерва (АВР) с 6-секундной задержкой включения. Электрические сети используются только как резервный источник (резервирование – 100 %), без параллельной работы с энергетическими модулями, обеспечивающими постоянную нагрузку ГПА и снижающими срок окупаемости новой техники. В то же время параллельная работа с более мощным источником энергии (сетями) приводит к тому, что любое отключение сети или скачок напряжения блокируют ГПА. Возобновление работы мини-ТЭЦ в этом случае осуществляется «ручным» включением ГПА.

За 10 лет эксплуатации в «Трех китах» серьезных аварий на станции не было. Однако нештатные ситуации возникали. Например, выходили из строя датчики температуры и давления. Основная причина – высокая температура в зоне установки модулей: 35 °С

(при норме 25 °С). Для работы датчиков при нормативных параметрах необходимо было уже на стадии проектирования предусмотреть эффективные системы вентиляции. Аварийные остановки также связаны с недостаточным опытом эксплуатации всей системы. Так, например, летом, когда котлы, абсорберы и ГПА работают в единой гидравлической схеме, происходило «обезвоживание» машинного контура за счет существенно более емкого (350 и 40 м³) контура котлов и отключения ГПА по защите.

Один из недостатков ГПА при работе в так называемом островном (полностью автономном) режиме – запаздывающая реакция при скачкообразном возрастании и уменьшении внешней электрической нагрузки. Отключение агрегатов происходило при включении станции после остановки за счет пусковых токов мощных электродвигателей насосов. Установка отечественных устройств мягкого пуска на двигателях пожарных насосов позволила снизить пусковые токи от 7- до 1,5-кратных, удлинив пуск до 7 с (норматив – до 9 с). Кроме того, выработаны жесткие регламенты включения потребителей, позволившие в дальнейшем избежать срабатывания защиты и отключения ГПА.



Котлы для покрытия пиковых нагрузок



Частный случай решения кадровой проблемы: костяк ремонтно-эксплуатационной службы энергоцентра составили бывшие офицеры-подводники

Среди специфических особенностей работы мини-ТЭЦ в «Трех китах» можно назвать разделение отопительных контуров (независимая система), а также подбор костяка ремонтно-эксплуатационной службы из бывших офицеров-подводников, имеющих уникальные навыки эксплуатации энергетических агрегатов в экстремальных условиях.

Как считают руководители эксплуатационно-ремонтной службы заказчика, полностью отказаться от услуг сервисных служб не представляется возможным.

У фирмы существует специальная оснастка, не входящая в комплект поставки, но необходимая при проведении профилактических ремонтных работ (замена резинотехнических изделий, форкамеры) и диагностике. Например, невозможно приобрести специальные тиски на отечественном рынке, как и сделать их в собственной мастерской.

Некоторые выводы

1. На самом раннем этапе нужно разработать четкую концепцию мини-ТЭЦ: приоритеты, величины нагрузок, их суточный, месячный, годовой график. Схема привязки энергетических

модулей к тепловым, электрическим и газовым сетям зависит от особенностей существующих котельных и планируемых режимов эксплуатации ГПА.

2. При проектировании станции реальный верхний предел себестоимости электроэнергии должен быть около 55 коп. за кВт•ч.

3. При выборе поставщика оборудования важно определить, есть ли у него сервисная служба в данном регионе.

4. Станция, спроектированная, смонтированная «под ключ» и введенная в строй одной проектно-монтажной фирмой, имеющей опыт аналогичных работ, надежнее и экономичнее в эксплуатации, чем построенная неспециализированным предприятием.

5. Лишь пользующийся доверием заказчика специалист, имеющий опыт монтажа, пуска и эксплуатации мини-ТЭЦ, определит, на чем можно сэкономить.

6. Необходимо заранее решить, где и как будет обучен ремонтный персонал. Нельзя недооценивать трудности, возникающие из-за недостаточного знания специалистами иностранного языка.

7. Наличие собственной ремонтно-эксплуатационной службы значительно облегчает и удешевляет не только эксплуатацию, но и проведение регламентного и аварийного ремонта.



Абсорбционные машины, обеспечивающие режим тригенерации



ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Настенные и напольные газовые котлы 

Конденсационные котлы 

Системы солнечного отопления 

Промышленные котлы 

Радиаторы 



Параллельно с РОУ производительностью 10 т/ч, понижающей давление пара с 1,3 до 0,4 МПа, можно установить энергосберегающую турбину «Ютрон» Р-0,3-1,3/0,4 электрической мощностью 300 кВт.

Энергосберегающая турбина для паровых котельных

Д. Щапов

Парогенерирующее оборудование производит пар определенных стандартных параметров, но разным технологическим процессам необходим пар различных давлений и температур. В редком случае физические свойства только что произведенного пара удовлетворяют требованиям потребителя. В большинстве случаев необходима производственная корректировка этих величин. Поэтому между источником пара и его технологическими потребителями устанавливается редукционно-охладительная установка (РОУ), в которой дросселированием и впрыском холодной воды снижается, соответственно, давление и температура пара. Таким образом, РОУ является утилизатором тепловой энергии, однако ее применение энергетически неэффективно.

Возможно, наших читателей заинтересует альтернативное решение, которое

предлагает Группа компаний «Турбопар» на базе паровых энергосберегающих турбин, выпускаемых ООО «Ютрон – Паровые турбины». Во время работы турбины частично невогребованная энергия пара преобразуется в электрическую энергию. Возможны различные варианты: турбина с генератором даст предприятию собственную электроэнергию, турбина, приводящая в движение насос или вентилятор, заменит мощный электродвигатель. В обоих случаях уменьшаются расходы на приобретение постоянно дорожающей электроэнергии.

И если для конечного потребителя пара неважно, каким образом были обеспечены его необходимые параметры, то с точки зрения энергоэффективности – это принципиальное различие.

Срок окупаемости турбины в первую очередь зависит от правильно выбранного оборудования. Поэтому при выборе турбины малой или средней мощности нужно учитывать следующие моменты:



- во-первых, необходимо обеспечить максимальную загрузку турбины в течение года. То есть лучше установить турбину меньшей мощности и меньшей стоимости, но с максимальным количеством часов работы в году;

- во-вторых, выгоднее установить турбопривод к мощному насосу или вентилятору, чем турбину с генератором, т.к. турбина без генератора значительно дешевле, а значит, быстрее окупится;

- в-третьих, в некоторых случаях, когда предполагается поступление в турбину влажного пара, для увеличения срока службы лопаточного аппарата необходимо отдать предпочтение турбине с более низким КПД;

- в-четвертых, приоритетным тезисом при внедрении турбогенераторных установок является индивидуальная компенсация электрических приемников индуктивного характера, что позволит более эффективно использовать вновь произведенную электрическую энергию.

В случае принятия положительного решения по установке паровой энергосберегающей турбины она будет включена в работу параллельно с РОУ. При малых расходах пара будет функционировать только турбина. В тех случаях, когда расход пара превысит допустимый для турбины предел, в работу включится РОУ. По данным производителя такая схема позволяет снизить энергетическую неэффективность РОУ в 2–5 и более раз.

Приведем пример: параллельно с РОУ производительностью 10 т/ч, понижающей давление пара с 1,3 до 0,4 МПа, можно установить турбину «Ютрон» Р-0,3-1,3/0,4 электрической мощностью 300 кВт. Срок окупаемости мероприятия при условии использования турбины на номинальной мощности 8000 часов в году составит 2–4 года.



Отметим, что этот период напрямую зависит от тарифов на электроэнергию. Поэтому при расчете следует учитывать ожидаемый рост тарифов, что увеличивает экономическую эффективность установки энергосберегающей турбины.

Как защитить теплообменник от накипи

Будни главного инженера на предприятии пищевой промышленности невозможно сравнить с работой конторского служащего. Продукт безупречного качества будет получен только при самом тщательном соблюдении технологии.

В пивоварении очень важно точно соблюдать и температуру варки сусла, и длительность каждого этапа технологического процесса. Например, один чан варочного котла заполняется водой, нагретой до 52, а другой – до 62 °С. Далее следуют нагрев до 72 °С, выдержка 10 минут. Потом нагрев до 99 °С и кипячение в течение 5 минут.

Поскольку в воде содержатся растворенные соли кальция, со временем на поверхностях нагрева теплообменного оборудования образуется накипь. Накипь действует как теплоизоляция – вода начинает нагреваться медленнее и до меньшей температуры. Работу приходится останавливать, чтобы разобрать теплообменник и очистить его от накипи. Это повышает стоимость произ-

водства пива и сокращает срок службы оборудования.

Ёси Кивити, главный инженер пивоварни Heineken в Израиле, рассказывает, что в Израиле жесткая вода. Поэтому накипь на теплообменниках образуется особенно быстро. Поскольку в пивоварении очень важно точно соблюдать температуру и длительность этапов технологического процесса, то раньше паровой пластинчатый теплообменник открывали и чистили очень часто. С тех пор как была установлена система «Гидрофлоу», об этой проблеме забыли. Теперь теплообменник чистят очень редко, и главный инженер даже не смог вспомнить, когда его чистили в последний раз.

«Гидрофлоу» установлено на пивоварне Heineken более 10 лет назад. Это очень надежное и неприхотливое оборудование, считает израильский инженер.

Системы «Гидрофлоу» работают по принципу электромагнитного резонанса, создающего в трубах эффект «стоячей



волны». Это не позволяет кристаллам солей осаждаться на теплообменнике и стенках труб, и в виде взвешенных микрокристаллов они выносятся водой (постепенно удаляются и старые отложения). Генератор высокочастотных колебаний управляется микропроцессором.



На применение синтетических катионитов накладывается ряд ограничений, приводящих к усложнению, а следовательно, и удорожанию, систем водоподготовки.

Применение искусственных цеолитов в подготовке подпиточной воды водогрейных котлов

А. Гречушкин, к.т.н.

Подпиточная вода водогрейных котлов, как правило, должна соответствовать РД 24.031.120-91 «Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля» или, что часто имеет место в случае применения котлов зарубежного производства, требованиям фирмы – производителя котельного оборудования. В любом случае, подпиточная вода практически всегда требует предварительной подготовки, прежде всего, умягчения.

Из существующих в настоящее время методов умягчения воды доминирующую позицию в системах водоподготовки котлов малой и средней производительности занимают ионообменные методы, среди которых, в свою очередь, наиболее распространен метод натрий-катионирования. Технология обработки воды методом натрий-катионирования хорошо отработана, доста-

точно просто автоматизируется, при регенерации используется распространенный и недорогой реагент (хлорид натрия).

Ионообменные материалы, применяемые в установках натрий-катионирования, прошли значительный эволюционный путь. Широко распространенные в настоящее время полистирол-дивинил-бензолные ионообменные смолы, представителями которых являются отечественный катионит КУ-2-8, а также импортные аналоги, например, С100 (изготовитель – компания Purolite) и Lewatit S 1467 (Bayer), обладают высокой обменной емкостью, низким проскоком жесткости в фильтрат, могут эксплуатироваться в широких диапазонах значений водородного показателя и температур обрабатываемой воды.

В то же время на применение данных синтетических катионитов накладывается ряд ограничений, приводящих к усложнению, а следовательно, и удоро-

жанию, систем водоподготовки. Прежде всего, имеются ограничения на содержание железа в исходной воде. Ионы железа задерживаются на ионообменных смолах в процессе натрий-катионирования, однако не удаляются при регенерации солью, что влечет за собой снижение обменной емкости. Восстановление свойств катионита при этом возможно лишь с применением кислот (что не всегда осуществимо) или специальных реагентов.

Другим существенным ограничением к применению данных ионообменных материалов является недопустимость эксплуатации при наличии сколько-нибудь значимых концентраций сильных окислителей в обрабатываемой воде. В частности, активный хлор или перманганат калия, широко применяемые в процессах водоподготовки, ведут к необратимому разрушению полимерной структуры материала и снижению обменной емкости.

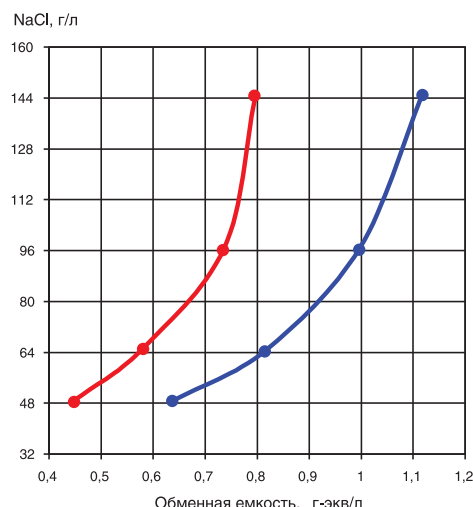


Рис. 1. Рабочая обменная емкость синтетических цеолитов CR100 (красным цветом), CR200 (синим)

мосиликата натрия. Crystal-Right допускает содержание активного хлора в обрабатываемой воде.

На отечественном рынке в основном распространены материалы с маркировкой CR100 и CR200, рабочая обменная емкость которых в зависимости от количества регенерационного хлорида натрия представлена на графике (рис.1). В случае совместного с умягчением удаления железа/марганца для расчета межрегенерационного ресурса материала следует вносить корректировку: на каждые 10 мг/л железа/марганца к исходной жесткости прибавляется величина 0,34 мг-экв/л. Как и для любого ионообменного материала в процессе натрий-катионирования повышение концентрации натрия в исходной воде ведет к снижению

чих синтетических цеолитов от органических ионообменных смол? Как уже было указано выше, материал обладает более узким по сравнению со смолами рабочим диапазоном pH и, следовательно, не допускает кислотных промывок. Обрабатываемая вода должна иметь общее солесодержание не менее 80 мг/л и общую жесткость не менее 1,0 мг-экв/л. Несоблюдение этих требований может приводить к постепенному растворению материала. Суммарная концентрация ионов железа и марганца должна быть не более 15 мг/л, наличие же нерастворенного железа является нежелательным.

Интересной особенностью материала CR100 является способность удалять аммоний из воды. Однако при подготовке подпиточной воды это свойство не востребовано и в данной статье не рассматривается.

В остальном эксплуатация данных синтетических цеолитов во многом схожа с

Таблица. Основные характеристики синтетических цеолитов

Материал	Допустимый pH обрабатываемой воды	Рабочая линейная скорость потока, м/ч	Скорость потока при обратной промывке, м/ч	Расширение слоя в режиме обратной промывки, %
CR100	более 5,7	20–40	17–24	50
CR200	более 7,5	20–40	17–24	50

РД 24.031.120-91 устанавливает предельно допустимые концентрации железа в подпиточной воде, в то время как исходная вода во многих регионах нашей страны наряду с повышенной жесткостью имеет повышенные концентрации железа и марганца. Поэтому представляется заманчивым использовать материал, позволяющий за одну стадию осуществлять обезжелезивание, деманганацию и умягчение воды и сочетающий в себе положительные качества органических ионообменных смол, в частности, высокую обменную емкость. Объединение процессов обезжелезивания и умягчения особенно актуально в условиях ограниченного пространства котельных в блочно-модульном исполнении.

Появление на рынке синтетических цеолитов во многом решает задачу объединения процессов обезжелезивания, деманганации и умягчения. В настоящее время наиболее распространенной на рынке является продукция марки Crystal-Right, выпускаемая американской компанией Mineral-Right. Производимый ею продукт представляет собой белые гранулы искусственного алю-

ионообменной емкости. Так, на каждые 10 мг/л натрия при расчете межрегенерационного ресурса к исходной жесткости прибавляется 0,44 мг-экв/л.

Как нетрудно увидеть из графика, материал CR200 обладает большей обменной емкостью, но применим лишь при величине водородного показателя больше 7,5 единиц pH. Основные характеристики материалов наиболее распространенной фракции 0,5 – 2,5 мм представлены в таблице.

Любая технология обработки воды, и обработка воды на синтетических цеолитах здесь не исключение, имеет свои особенности. Для обеспечения длительной безаварийной работы систем химводоподготовки все особенности работы конкретного материала следует учитывать. В чем же основные отличия

эксплуатацией органических ионообменных смол, что позволяет без доработки задействовать серийные ионообменные фильтры. Несмотря на это, ряд отечественных компаний все же разработал серии установок для обработки воды на синтетических цеолитах, предусмотрев все незначительные особенности эксплуатации нового материала. В качестве примера можно привести установки серий CRA и CRD компании «Экодар».



Мы создаем мир чистой воды

Инжиниринговая компания полного цикла по водообращению.

Промышленность. Энергетика. ЖКХ.

Реклама

www.ekodar.ru
тел.: (495) 232-5262



СРО: допуск к работам на опасных и уникальных объектах

Как известно, в нашей стране осуществляется глобальная реформа, напрямую затрагивающая всех участников рынка инженерного оборудования и строительный сектор – переход от государственного регулирования к саморегулируемым организациям (СРО). Основные положения реформы сформулированы в Федеральном законе № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» от 1 декабря 2007 г. Но процесс пока не завершен, и отдельные нормативные акты, регламентирующие те или иные аспекты, продолжают появляться. Так, 3 февраля этого года было принято правительственное постановление № 48 «О минимально необходимых требованиях к выдаче саморегулируемыми организациями свидетельств о допуске к работам на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах капитального строительства, оказывающих влияние на безопасность указанных объектов».

Предъявляемые требования разбиты на три части, относящиеся соответственно к работам, связанным: а) со строительством, реконструкцией и капитальным ремонтом таких объектов, б) с подготовкой проектной документации для указанных работ и в) с инженерными изысканиями в целях составления такой проектной документации.

Строительство, реконструкция и капитальный ремонт

Для юридических лиц необходимо наличие в штате не менее трех работников, занимающих должности руководителей – генерального директора (директор), технического директора (главный инженер), их заместителей. Все они должны иметь высшее профессиональное образование соответствующего профиля и стаж работы в области строительства не менее пяти лет.

Специалистов производственно-технических, энергомеханических, кон-

трольных и других технических служб и подразделений должно насчитываться не менее семи человек. Из них как минимум четверым необходимо иметь высшее профессиональное (техническое) образование (остальным – среднее) и стаж работы в области строительства – более пяти лет. Также в штат должны входить как минимум три руководителя структурных подразделений (начальники участков, прорабы, мастера и приравненные к ним специалисты). Хотя бы один из них – с высшим, остальные со средним профессиональным образованием и стажем работы в области строительства – не менее пяти лет.

Кроме того, необходимо наличие не менее 15 рабочих основных профессий, имеющих квалификационный разряд не ниже 4-го и 3-летний профессиональный стаж.

Помимо этого, для осуществления строительного контроля, а также при организации строительства, реконструкции и капитального ремонта нужно будет

привлечь как минимум 15 специалистов с высшим (не менее восьми человек) или средним образованием и стажем работы по профилю не менее трех лет.

Индивидуальный предприниматель для получения допуска должен также иметь высшее образование соответствующего профиля и стаж работы в области строительства не менее пяти лет. Требования к численности работников, их образованию и профессиональному опыту – такие же, как и для юридических лиц.

Подготовка проектной документации

Требования для допуска к подготовке проектной документации несколько отличны от тех, что были изложены выше. Так, юридическому лицу необходимо привлечь к работе не менее двух руководящих работников с высшим профессиональным образованием и стажем не менее пяти лет в области строительства.

Кроме того, на предприятии должно быть как минимум 10 специалистов технических служб и подразделений, не менее 7 из которых – с высшим профессиональным, остальные – со средним образованием. Стаж работы в области архитектурно-строительного проектирования – не менее пяти лет.

Индивидуальный предприниматель должен обладать высшим профессиональным образованием и стажем работы в указанной области не менее пяти лет. Относительно численности работников, их образования и стажа требования такие же, как и для юридических лиц.

Инженерные изыскания

Для допуска к работам, связанным с инженерными изысканиями в целях подготовки проектной документации в рассматриваемой области юридическое лицо должно привлечь в штат двух руководящих работников с высшим профессиональным образованием соответствующего профиля и стажем работы в области строительства не менее пяти лет.

Из трех специалистов технических служб и подразделений два должны иметь высшее профессиональное образование (остальные – среднее). Стаж работы в области инженерных изысканий не менее пяти лет.

Также необходимо наличие не менее двух полевых работников (начальники экс-

педиций и полевых отрядов, специалисты по непосредственному проведению инженерных изысканий и приравненные к ним). Из них хотя бы один должен иметь высшее профессиональное, остальные – среднее образование. Стаж работы в области инженерных изысканий – не менее пяти лет.

Трем рабочим основных профессий необходим квалификационный разряд не ниже 4-го и стаж работы в области инженерных изысканий не менее двух лет.



Индивидуальному предпринимателю также необходимы высшее профессиональное образование соответствующего профиля и стаж работы в области инженерных изысканий не менее пяти лет. Требования относительно численности работников, их образования и стажа такие же, как и для юридических лиц.

Общие требования

Не оставлена без внимания и проблема повышения квалификации руководителями и специалистами – не реже одного раза каждые пять лет. Это требование справедливо по отношению как к юридическим лицам, так и индивидуальным предпринимателям и их работникам для всех рассматриваемых видов деятельности (строительство, реконструкция и капремонт, подготовка проектной документации, инженерные изыскания). В случае необходимости они проходят переподготовку.

На предприятии должна действовать система подготовки специалистов, для которых требуется аттестация Ростехнадзора (Федеральная служба по

экологическому, технологическому и атомному надзору).

Имущественные требования таковы: необходимо наличие (в собственности или на ином законном основании) зданий и сооружений, строительных машин и механизмов, транспорта, средств технологического оснащения, обеспечения безопасности, а также контроля и измерений, необходимых для выполнения надлежащих видов работ, передвижных энергетических установок, а также соответствующих лицензий и иных разрешительных документов.

На предприятии должна функционировать система качества.

Отдельно рассматривается ситуация получения одной организацией свидетельств на два и более вида работ. В этом случае численность руководителей структурных подразделений и (или) специалистов, а также квалифицированных рабочих рассчитывается в отношении каждой категории по следующей формуле:

$$N = n + k(x \cdot n),$$

где N – общая численность работников соответствующей категории, необходимая для получения свидетельств на два и более вида работ; n – минимальная численность работников соответствующей категории, предусмотренная требованиями к кадровому составу (приведены выше); k – не менее 0,3 для специалистов, не менее 0,5 – для руководителей структурных подразделений и квалифицированных рабочих (строительство, реконструкция и капремонт), не менее 0,3 (подготовка проектной документации), не менее 0,3 для специалистов, не менее 0,5 – для полевых работников и квалифицированных рабочих (инженерные изыскания); x – количество видов работ.

Подготовил Л. Михайлов





Ф.И. Макаров – генеральный директор ООО НПО «Ремтепло»

ООО НПО «Ремтепло» – это российская компания, специализирующаяся на проектировании, строительстве, реконструкции и автоматизации промышленных котельных и объектов теплоэнергетики.

ООО НПО «Ремтепло» – 14 лет на рынке теплоэнергетики

Компания основана в 1996 г. За прошедшие годы мы прошли путь от ремонта отдельных видов котельного оборудования до самостоятельной реализации сложных инженерных проектов и сдачи объектов в промышленную эксплуатацию.

Компания располагает современной производственно-технической базой, квалифицированными инженерно-техническими кадрами, обученным и аттестованным рабочим персоналом. Сотрудники ООО НПО «Ремтепло» постоянно проходят обучение на российских и европейских заводах – изготовителях котельного оборудования. Компания внедряет прогрессивные методы строительства, применяет современные и эффективные энергосберегающие технологии. Ежегодно обновляется парк автомобильной и строительной техники, оборудования и инструментов.

В конце 2009 года компания ООО НПО «Ремтепло» вступила в две саморегулируемые организации и получила соответствующие допуски ко всем необходимым видам работ по подготовке проектной документации, а также строительству, реконструкции и ремонту объектов капитального строительства.

Компания стремится к всестороннему изучению рынка промышленной теплоэнергетики и оказанию услуг самого высокого качества. На предприятии создана система менеджмента качества, соответствующая международному стандарту ISO 9001:2000. Она обеспечивает адаптацию всех процессов как к изменениям ситуации на рынке и законодательной базы, так и меняющимся потребностям заказчиков. Благодаря совместной работе с российскими и европейскими партнерами мы внедряем в строительную практику



Щит управления «АСУ ТП Ремтепло»
(для котла с одной горелкой)

современные технологии и компьютерные продукты для разработки проектной документации и управления строительством.

Как известно, качество и сроки строительства – важные составляющие успеха каждого проекта. Срыв любого из этих параметров может обернуться многомиллионными потерями, как для заказчиков, так и для инвесторов. Поэтому ООО НПО «Ремтепло» уделяет большое внимание управлению строительством в стремлении сделать его максимально беспроblemным для заказчика.

ООО НПО «Ремтепло» способно оперативно решать все текущие задачи: с самого раннего этапа предпроектной подготовки до ввода объекта в промышленную эксплуатацию и дальнейшего сервисного обслуживания. Комплексный подход в строительстве и наиболее полное удовлетворение требований заказчика – слабые стороны успеха компании.

Предприятие является активным участником строительного рынка России и входит в состав Ассоциации предприятий энергетики Московской области «Мособлтеплоэнерго» – некоммерческого межотраслевого объединения предприятий и организаций энергетики и смежных отраслей Московской области, осуществляющих координацию эксплуатации объектов ЖКХ и консолидацию сил по энергетике на территории Московской области.

Кроме того, ООО НПО «Ремтепло» – активный член Ассоциации строителей России, деятельность которой направлена на развитие строительной отрасли в Российской Федерации, улучшение инве-



Котельная мкр. «1 Мая», г. Балашиха

стиционного климата, внедрение новых технологий, эффективное использование имеющегося в строительстве потенциала для развития экономики России и повышения благосостояния российских граждан.

Одним из ведущих направлений деятельности ООО НПО «Ремтепло» является разработка систем автоматики для теплоэнергетических объектов. На основе автоматики собственного производства, выпускаемой под торговой маркой «АСУ ТП Ремтепло», компания выполняет

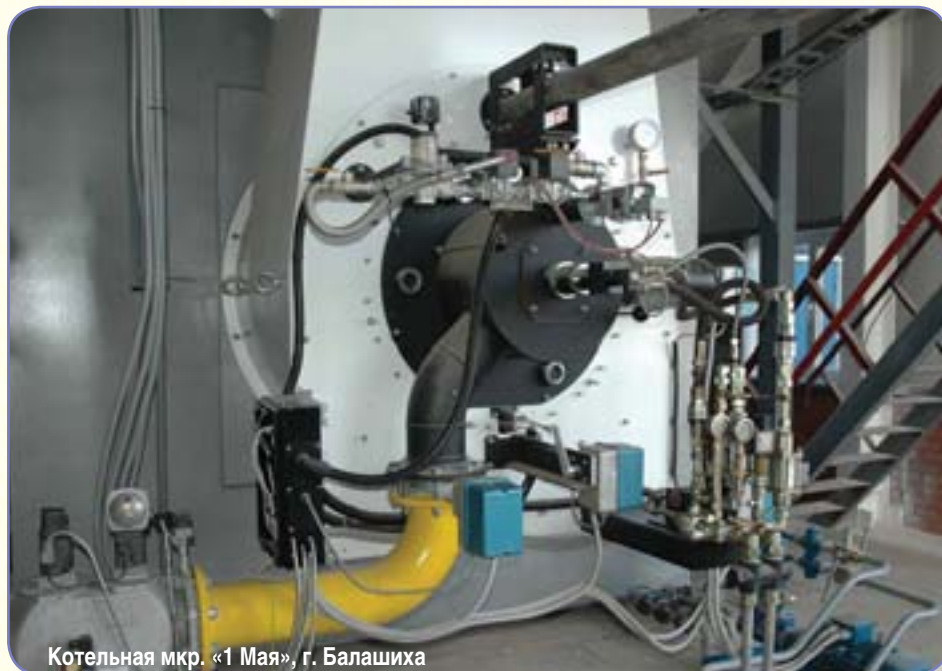
комплексную автоматизацию котельных, центральных и индивидуальных тепловых пунктов, насосных станций.

ООО НПО «Ремтепло» разрабатывает и внедряет современные системы, которые предназначены для автоматизации работы технологического оборудования. Они обеспечивают функции контроля и управления объектом в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала, а также осуществляют сбор и передачу информации о работе оборудования на удаленный диспетчерский пункт. Производство автоматики ведется с применением современных технологий с учетом последних разработок и достижений в теплоэнергетике. Предприятие непрерывно ведет исследовательскую и конструкторскую работу по совершенствованию, повышению надежности и эксплуатационной привлекательности систем автоматики.

Помимо комплексной автоматизации котельных, компания предлагает типовые проверенные решения на основе автоматики «АСУ ТП Ремтепло» для паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности типов КВГМ, ПТВМ, ДЕ, ДКВр. Созданная система автоматики позволяет обеспечить безопасную эксплуатацию котлов во всех режимах, а также улучшить технико-экономические показатели их работы и повысить КПД.



Котельная мкр. «Щитниково», г. Балашиха



В настоящее время мы готовы предложить своим заказчикам как самые современные решения на основе комплектующих европейских производителей, так и бюджетные варианты автоматики, с сохранением при этом высокого качества исполнения и надежной эксплуатации объекта.

ООО НПО «Ремтепло» активно участвует в строительстве котельных и энергоцентров, предназначенных для теплоснабжения промышленных предприятий, объектов стратегического и социального значения, жилых микрорайонов и целых городов. За четырнадцать лет успешной работы предприятием было спроектировано, построено и сдано в промышленную эксплуатацию более 100 крупных энергетических объектов. Среди них можно выделить особо значимые:

- В рамках федеральной целевой программы «Развитие российских космодронов на 2006–2015 гг.» успешно завершены работы по переводу трех котельных г. Мирного (Архангельская обл.) с мазута на газообразное топливо. Суммарная мощность котельных составляет 188 Гкал/ч. Заказчик – МУП «ЖЭУ».

- В г. Королеве (Московская обл.) реконструирована котельная ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия» им. С.П. Королева. Произведена комплексная автоматизация пяти котлов: четырех ПТВМ-50 и одного – ПТВМ-100.

- Спроектированы и построены четыре котельные для микрорайонов в Московской области: в «Медвежьих озерах» – мощностью 10 Гкал/ч; «1 Мая» и «Щитниково» – по 50 Гкал/ч; «Батеке» – 30 Гкал/ч. Заказчиком-застройщиком выступила компания ООО «Мортон-РСО».

- Завершен первый этап реконструкции котельной ФГУ «Оздоровительный комплекс Бор» мощностью 25 Гкал/ч. Заказчик – Управление делами Президента РФ.

- Проведена полная реконструкция отопительной котельной МУП «Подольская Теплосеть» мощностью 200 Гкал/ч, расположенной в г. Подольске (Московская обл.).

- Реализовано техническое перевооружение паровой котельной ОАО «РЖД» мощностью 56 т/ч, расположенной на станции «Иваново-Сортировочная» на Северной железной дороге.

На сегодняшний день компания ООО НПО «Ремтепло» – это надежный партнер на долгосрочный период. Многолетний опыт работы позволяет компании с высоким качеством и в установленные сроки выполнять взятые на себя обязательства.

Мы считаем, что лучшая реклама – это не красочные баннеры на страницах «глянцевых» журналов, а реализованные объекты и благодарные слова заказчиков. Поэтому приглашаем вас посетить любую построенную или реконструированную нами котельную и самим убедиться в этом!

Друзьями не рождаются, друзьями становятся!

*С уважением, генеральный директор
ООО НПО «Ремтепло»*

Макаров Федор Иванович

141009, Московская обл., г. Мытищи,
ул. К. Маркса, д. 4, оф. 502
Тел./факс: 8 (495) 728-90-76, 728-90-23
www.remteplo.ru



Международная выставка и конгресс

ЭКВАТЭК 2010

Водный форум №1
в России, СНГ и
Восточной Европе



ЭКВАТЭК-2010

1 – 4 июня 2010 г.

Москва

МВЦ „Крокус Экспо”

Золотой спонсор ЭКВАТЭК:



International
Water Association

Конференция Международной водной ассоциации
2–4 июня 2010 г.

**«Водоподготовка и очистка сточных вод
населенных мест в XXI веке: Технологии,
Проектные решения, Эксплуатация
станций»**

**iwaconference@sibico.com
www.iwaconference.ru**

Спонсоры Конференции:



SIEMENS



ЛИТ



Тел./факс: +7 (495) 225 5986,
782 1013
e-mail: ecwatech@sibico.com



www.ecwatech.ru

Издательский Дом
«Аква-Терм» предлагает:



Справочники-каталоги:

«Бытовые отопительные котлы»
«Горелки»
«Водоподготовка» (на CD)

Брошюры:

«Как отопить загородный дом»
«Что нужно знать при выборе котла»
«Бытовые насосы и станции водоснабжения»
«Расширительные баки и гидравлические аккумуляторы»
«Твердотопливный котел в вашем доме»

Журналы:

«Аква-Терм»
«Аква-Терм Эксперт»

Журналы в электронной версии на www.aqua-therm.ru

«Аква-Терм»
«Аква-Терм Эксперт»
«Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ»

Подробная информация
на сайте www.aqua-therm.ru
или по телефону +7 (495) 751-6776

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

3' 2010

КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ

Уважаемые читатели!

Открыта подписка на второе полугодие 2010 года
на журнал «Промышленные и отопительные
котельные и мини-ТЭЦ»

Вы можете оформить редакционную подписку:

- на сайте www.aqua-therm.ru в разделе «Подписка»
- заполнив прилагаемую заявку и выслав ее по факсу +7 (495) 751-6776, 751-3966

ЗАЯВКА НА ПОДПИСКУ

Прошу оформить на мое имя подписку на журнал
«Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ»

Ф. И. О.

Должность

Организация

Адрес для счет-фактур

ИНН/КПП

Адрес для почтовой доставки

Телефон

Факс

E-mail

По получении заявки будет выслан счет на ваш факс или E-mail. Доставка журналов производится почтовыми отправлениями по адресу, указанному в заявке.

КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ BOILERS AND BURNERS

VIII

МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА
ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ



ufi
Approved
Event

Международный Форум:
«Реализация программ
энергосбережения
и повышения
энергоэффективности»

25-28 мая
'10
Санкт-Петербург

Петербургский СКК, пр. Ю. Гагарина, 8
т./ф.: +7 (812) 777-04-07, +7 (812) 718-35-37
<http://www.farexpo.ru>, e-mail: gas2@orticon.com

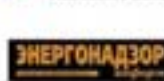
Организаторы:



Генеральный информационный партнер:

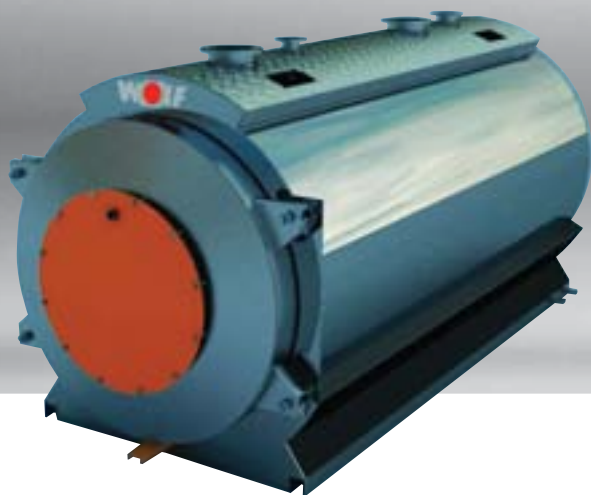


Информационные партнеры:



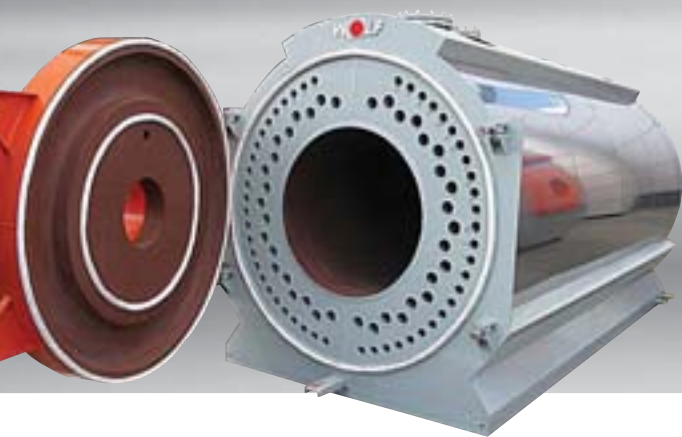
Немецкое качество Российский опыт

WOLF
ENERGY SOLUTIONS
Завод котельного оборудования



Серия Duotherm

Двухходовые жаротрубные
водогрейные котлы
Wolf Energy Solution
0,5 - 2,0 МВт



Серия GKS Dynatherm

Трехходовые жаротрубные
водогрейные котлы Wolf
1,6 - 5,8 МВт

**ОБЪЕМ ВЫПУСКА
за 2009 г.
580 МВт**



Серия Eurotherm

Газоплотные водотрубные
водогрейные котлы
Wolf Energy Solution
3,15 - 58,2 МВт

Дымовые трубы. Ремкомплекты к котлам КВ-ГМ, ПТВМ, ДЕ, ДКВР

Торговый дом
завода котельного оборудования ОАО «Вольф Энерджи Солюшен»
ООО «Энерго Девелопмент»
тел. (495) 790-7892 (495) 233-4260
www.100MW.ru info@100MW.ru