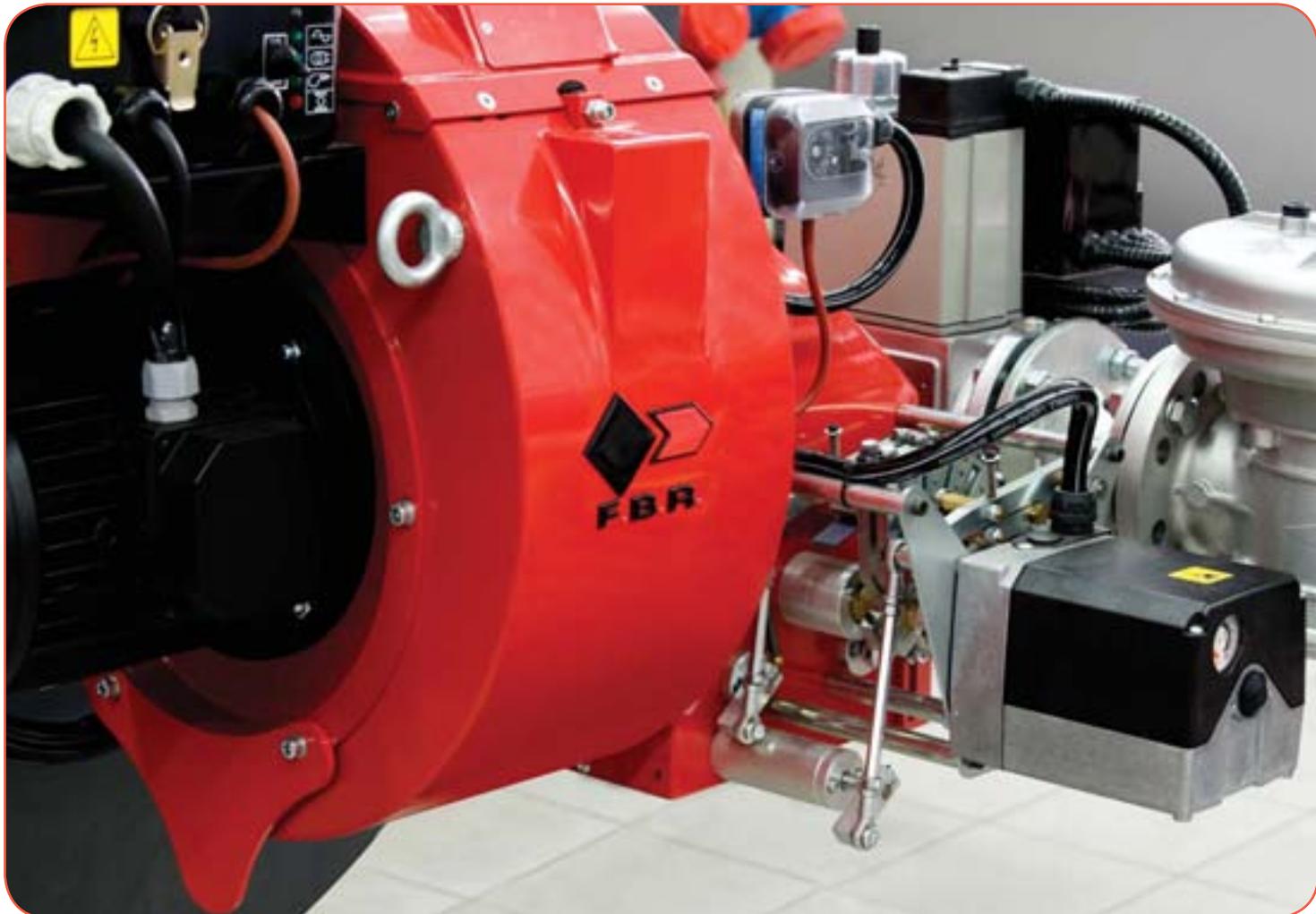


# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



Котельные

Обзор рынка

Мастер-класс

Биотопливо  
и слоевое  
сжигание  
8

Пеллетные котлы  
мощностью  
свыше 0,1 МВт  
34

Ошибки  
эксплуатации  
котельных  
48

**МПНУ**



**ОАО «МПНУ ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ»**

**За 60 лет введено более 7 000 котельных**

115054, г. Москва, ул. Валовая, д 29,  
т/ф +7(495) 959-26-47; 959-28-14,  
e-mail: mpnu@mpnu.ru; market@mpnu.ru

**Монтаж котельных от 1 до 100 мВт  
«под ключ» за 3-4 месяца  
Проектирование и монтаж мини-ТЭЦ**

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





## Содержание

**2 Новости**

**6 Сжигание древесины**

в промышленных котлах

### **8 Биотопливо и слоевое сжигание**

**12 Перспективы пеллетного топлива в России**

**16 Подавление токсичных выбросов на котлах с механическими решетками**

**20 Защита от шума: методы и средства**

**24 Жидкое топливо из угля и сланцев**

**28 Мини-ТЭЦ на доступном топливе**

**30 Потенциал теплового насоса**

**34 Пеллетные котлы (свыше 0,1 МВт) на российском рынке**

**36 Паросепарационные устройства в паровых котлах**

### **42 Амины против коррозии**

**46 Электродиализ для котельных**

### **48 Ошибки эксплуатации**

#### **котельных и их устранение**

**50 Котлы на пеллетном топливе**

в Интернете



**52 «БМК-Норд» – готовые решения для теплоснабжения**

### **55 Итальянские горелки для российского рынка**

**57 Котлы Unical – европейское качество**

**58 Котельные Professional на шасси**

**59 Системы быстрого монтажа Lovato**

**60 PCVexpo в десятый раз**

**62 Вода в промышленности – 2011**

Использование энергетического оборудования, работающего на твердом топливе, имеет в нашей стране впечатляющие перспективы. Не только потому, что на территории РФ находится около 20 % мировых разведанных запасов угля, но и по возможностям переработки биомассы, в том числе: древесных отходов, лузги подсолнечника, гречихи и др.

В последние годы на промышленных предприятиях деревообработки энергетическое использование древесных и растительных отходов серьезно рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива. Возможный экономический эффект от этого очевиден. Эффективная переработка таких отходов позволит предприятиям не только вырабатывать электроэнергию и тепло для своих нужд, но и избежать штрафных санкций экологических служб. Актуальной теме эффективного использования твердого топлива для производства тепловой и электроэнергии посвящены центральные статьи этого номера, читатель найдет их в рубриках «Котельные», «Электростанции и когенерация», «Обзор рынка».

Мы продолжаем расширять число рубрик нашего журнала. Рубрика «Энергосбережение», открытая в прошлом номере, как и было заявлено, продолжает тему применения в России тепловых насосов новой статьей. А совсем новой для читателя рубрикой станет «Мастер-класс», которая, мы надеемся, позволит профессионалам делиться опытом на страницах нашего журнала.

А. Преображенский

Генеральный директор  
Лариса Шкарубо  
E-mail: magazine@aqua-therm.ru  
Главный редактор  
Александр Преображенский  
prom@aqua-therm.ru  
Выпускающий редактор  
Аркадий Лыгин  
Служба рекламы и маркетинга  
Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66  
Елена Фетищева  
E-mail: sales@aqua-therm.ru  
Елена Коноваленко  
E-mail: market@aqua-therm.ru

Члены редакционного совета  
Р. Я. Ширяев, генеральный директор  
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,  
президент клуба теплоэнергетиков  
«Флогистон»  
Н.Н. Турбанов, технический специалист ГК «Импульс»  
В.Р. Котлер, к. т. н., заслуженный энергетик РФ,  
ведущий научный сотрудник ВТИ  
В.В. Чернышев, начальник отдела котлонадзора

и надзора за подъемными сооружениями  
Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору  
Научный консультант  
Я.Е. Резник  
Учредитель журнала  
ООО «Издательский Центр «Аква-Терм»

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
13 августа 2010 г.  
Reg. № ПИ № ФС77-41685  
Тираж: 7 000 экз.  
Отпечатано в типографии «PRESTO PRO»

Полное или частичное воспроизведение или размножение каким бы то ни было способом материалов,

опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.  
За содержание рекламных объявлений редакция ответственности несет. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

**Фото на 1-й стр. обложки:  
F.B.R. www.energogaz.su**

## Сервис от Buderus

Компания «Будерус Отопительная Техника», действуя в рамках стратегического развития дивизиона Бош Термотехника, расширяет сервисные услуги для клиентов. Со второй половины 2011 г. компания предлагает своим партнерам воспользоваться консультациями и технической поддержкой при проектировании, монтаже и пусконаладке промышленного оборудования Buderus. В частности, роль системных предложений в составе продукта и услуги возрастает при реализации оборудования, перерабатывающего энергию возобновляемых источников. Исходя из текущих или перспективных потребностей партнеров, технические специалисты Buderus предлагают концепцию сервисных услуг, которая включает в себя службу технической поддержки, анализ работы оборудования, а также подготовку регулярных проверок систем безопасности. Предложения по сервису промышленного оборудования компании подразумевают четыре комплекса услуг: технические поддержки при проектировании, при монтаже, при пусконаладочных работах; гарантия и дополнительные условия.



## Тестирование показало

В сентябре 2011 г. государственное Энергетическое Агентство Швеции объявило результаты тестирования тепловых насосов, представленных на европейском рынке. Независимая экспертиза выявила: самым эффективным из существующих аналогов признан тепловой насос Danfoss DHP-AQ (воздух/вода). Тестирование проводилось на базе Технического Исследовательского Института Швеции. В эксперименте принимали участие модели тепловых насосов «воздух/вода» от 11 ведущих мировых производителей. Исследователи тестировали образцы на качество основных характеристик: годовая эффективность, уровень шума, температура горячей воды, время нагрева, простота в эксплуатации и пр.

Danfoss DHP-AQ показал наивысший результат по параметру годовой эффективности (соотношение потребляемой и вырабатываемой тепловой энергии) и стал лучшим по таким характеристикам, как температура горячей бытовой воды, время нагрева, уровень шума, простота в эксплуатации для пользователя. Также эксперты выявили, что Danfoss DHP-AQ работает одинаково надежно и эффективно как в обычных условиях, так и условиях пониженных температур (до -20°C). Дополнительным преимуществом стала возможность работы оборудования не только на отопление и ГВС, но и на охлаждение помещений в жаркие летние месяцы.

## Дилерская сеть «БПЦ Инжиниринг»

В ходе сентябрьского визита в Россию президента компании Capstone Turbine Corporation Д. Р. Джеймисона, компании «БПЦ Инжиниринг» и Capstone договорились о создании авторизованной дилерской сети на территории России, стран СНГ и Прибалтики, где БПЦ обладает эксклюзивным правом на продажу и сервисное обслуживание оборудования американской компании. Сегодня БПЦ – крупнейший в мире территориальный дистрибутор компании Capstone. За время сотрудничества российский дистрибутор внедрил более 500 микротурбинных установок в РФ, Белоруссии, Украине, Грузии, где они уже успели зарекомендовать себя в качестве эффективной основы для распределенной энергетики.

Микротурбины Capstone представляют собой принципиально новый класс технологически сложного энергетического оборудования, которое требует высокой квалификации компании-продавца на всех стадиях продажи, а также специальной подготовки обслуживающего персонала. Поэтому продажу и сервисное обслуживание оборудования Capstone на территории дистрибутора смогут осуществлять только авторизованные БПЦ дилеры.

В рамках программы авторизации региональных дилеров БПЦ проводит их обучение с выдачей оригинальных сертификатов, формирует предварительные заказы на заводе в США, оказывает консультационную, техническую, логистическую и финансовую поддержку. Нелегально ввезенное оборудование и комплектующие не будут поддерживаться производителем и дистрибутором, сопровождаться авторизованным сервисом и гарантией завода-изготовителя. Список авторизованных партнеров размещен в открытом доступе на сайте «БПЦ Инжиниринг».

## Новая схема строительства

В ГК «Rainbow - Инженерные системы и Партнеры» разработано принципиально новое решение вопроса теплоснабжения – строительство автоматизированной газовой котельной при финансировании и полной реализации за счет группы компаний и партнеров. Теперь нет необходимости «замораживать» денежные средства в непрофильных активах строительства котельной. Все этапы строительства, от проектных работ до сдачи объекта в постоянную эксплуатацию, включая сопутствующие затраты, организаторы проекта берут на себя. Потребитель платит исключительно за то, для чего создавалась котельная – за выход тепловой энергии в период эксплуатации.



Такая схема уже нашла успешное применение при работе над проектами, имеющими проблемы с финансированием, ввиду очевидных выгод: отсутствие затратной статьи расходов на строительство котельной; отсутствие вложений в непрофильные активы — оборудование котельной; отсутствие платежей за обслуживание оборудования, содержания штата необходимого персонала и иных расходов, сопровождающих владение котельной; отсутствие затрат на топливо. Кроме того, потребитель освобождается от трудоемкого процесса строительства, получения разрешения на использование газа, лицензии на эксплуатацию опасного производственного объекта и тепловых сетей, прохождения всех инспектирующих инстанций.

## Теплоснабжение культурного наследия

Проектно-монтажная компания «ЭЛСО ЭГМ (Энергогазмонтаж)», входящая в теплотехнический холдинг «ЭЛСО группа», выполнила комплекс работ по строительству крышной газовой котельной и газопровода для новой гостиницы Four Seasons на Вознесенском проспекте, д.1 (Санкт-Петербург). Гостиничный комплекс располагается в историческом здании в центре города – в доме А.Я. Лобанова-Ростовского, который является памятником культуры и истории федерального значения и находится в ведении Управления делами президента России. Дворец Лобанова-Ростовского был построен в начале XIX в. архитектором Огюстом Монферраном в стилеalexандровского ампира.

Реализацией проекта по реконструкции здания на Вознесенском проспекте занималась девелоперская компания «Тристар Инвестмент Холдингс». Новый отель рассчитан на 183 номера (с минимальной площадью 42 м<sup>2</sup>), включая президентские апартаменты площадью более 240 м<sup>2</sup>, также в здании размещаются два ресторана и SPA-комплекс. Специалисты компании «ЭЛСО ЭГМ» спроектировали и построили крышную газовую котельную, где установили три котла: Vitoplex 300 TX3 1750 кВт (2 шт.) и 1400 кВт (1 шт.) производства Viessmann (Германия); три горелки Weishaupt (Германия) в шумоглушительных кожухах.

Общая установленная мощность котельной составляет 4,9 МВт. Котельная имеет один контур теплоснабжения с прямыми параметрами. Специалисты компании выполнили ряд работ по шумоглушению. Стены и потолок котельной обшиты звукоизоляционными панелями. Установлены шумоглушители на дымовых трубах и горелках, которые позволяют снизить шумовое излучение на 20–25 дБ. На объекте обеспечено теплоснабжение первой категории.



## Новые мембранные модули для водоподготовки

Международный химический концерн Lanxess в сентябре 2011 г. открыл новый завод по производству мембранных фильтрующих элементов в городе Биттерфельде (федеральная земля Саксония-Анхальт, Германия). На территории этого высокотехнологичного предприятия находятся также лаборатории, зоны отгрузки и офисы, что позволяет поставлять готовые мембранные модули для обратного осмоса клиентам по всему миру.

Производство на заводе в Биттерфельде будет начато в конце 2011 г., сразу после окончания этапа разработки и тестирований. Первые мембранные модули для систем обратного осмоса появятся на рынке в начале 2012 г. Новое производство расширит ассортимент продуктов для водоподготовки концерна Lanxess. Мембранные элементы будут продаваться под торговой маркой Lewabrane. Новое производство позволит Lanxess стать одной из немногих компаний на рынке, предлагающих решения для водоподготовки как с помощью ионообменных смол Lewatit, так и мембранных элементов Lewabrane.

## Замена теплообменников

Сотрудники филиала ОАО «ТГК-14» «Читинский энергетический комплекс» заменят водоподогреватели в 26 «проблемных» жилых домах столицы Забайкалья. Новые пластинчатые теплообменники производства фирмы «Ридан» уже поступили на склады компании. В теплообменниках «Ридан» применяются пластины датской компании Sondex. Введение оборудования в эксплуатацию улучшит качество теплоснабжения проблемных домов, облегчит обслуживание тепловых пунктов, позволит сэкономить энергию.



## Насос с низким потреблением энергии

На международной выставке ISH 2011 концерн Wilo Se представил новый высокоэффективный циркуляционный насос Wilo-Stratos GIGA. Впервые насос с сухим ротором оснащен электродвигателем ЕС с чрезвычайно низким потреблением электроэнергии. При КПД двигателя 94 % и 4,5 кВт номинальной мощности насосы характеризуются высоким уровнем энергоэффективности. Таких показателей (класс эффективности IE4 в соответствии с европейской классификацией IEC 60034-31 Ed.1 TS) удалось добиться на основе новой концепции привода HED (HED – High Efficiency Drive).

Новый насос по показателям энергоэффективности превосходит все технические требования Европейской Директивы, вступившей в силу 16 июня 2011 г. Потенциал экономии электроэнергии нового Wilo-Stratos GIGA по сравнению со стандартными насосами – около 70 %, что приводит к быстрой его окупаемости (около двух лет). Диапазон регулирования – в три раза шире, чем у стандартных насосов с электронным управлением, благодаря новому мотору со встроенным преобразователем частоты в сочетании с технологией ECM.

Насос оснащен графическим дисплеем и запатентованной технологией «красной кнопки», а также дистанционным управлением. Допустимая температура для работы насоса – от -20 до +140 °C, что означает достаточно широкий спектр его применения. Благодаря специальному катафорезному покрытию Wilo-Stratos GIGA защищен от коррозии.



## Утопленное биотопливо

Затонувшая древесина из акватории Саяно-Шушенского водохранилища (Хакасия) будет после переработки использована в качестве биотоплива на местных котельных, которые также будут переоборудованы. Проект предполагается реализовать в рамках программы федерального агентства водных ресурсов по утилизации древесины. К разработке проекта по переводу на древесное топливо угольных котельных поселков Майна и Черемушки в Хакасии уже приступила компания ОАО «РусГидро», объединяющая на сегодняшний день 68 объектов возобновляемой энергетики. По ее оценкам в Саяно-Шушенском водохранилище скопилось 3,7 млн м<sup>3</sup> древесины.

## Насосы Lagoa

На выставке «Химия-2011» российско-французская группа компаний «Трансфэр» в лице инжиниринговой компании «Трансфэр-Индустрис» представила новые дозировочные мембранные насосы серии Lagoa производства компании PCM (Франция). Устройства имеют возможность мультикомплексирования (до трех головок на один привод) для одновременного пропорционального дозирования различных жидкостей, снижения пульсаций и получения более равномерного расхода. При этом расход каждой головки может регулироваться независимо.

Максимальный расход на одну дозирующую головку составляет 350 л/ч, регулировка дозы – от 10 до 100 % (с точностью ± 1 %). Насосы работают при максимальных давлении 12 бар и температуре 100 °С.



## Мобильная когенерация от Rolt

Компания ЗАО «Ролт Инжиниринг», дочернее предприятие компании Rolt Power & Heating Equipment Manufacture, GmbH (Германия), анонсирует выпуск мобильных когенерационных установок Rolt MPS (Mobile Power Systems) на базе дизель-генераторов мощностью от 0,5 до 2,5 МВт на прицепном шасси. Стандартные транспортные габариты позволяют прицеплять их практически ко всем маркам тягачей, получившим распространение в России. Транспортировка может осуществляться по дорогам общего пользования без специальных разрешений.

Помимо мобильности, дизель-генераторные установки Rolt MPS имеют еще два важных преимущества. Во-первых, возможность выхода на рабочую нагрузку в течение нескольких минут после прибытия на объект. А во-вторых, логистическая схема эксплуатации Rolt MPS позволяет использовать в разных районах одну мобильную энергетическую установку вместо нескольких стационарных схожих мощности, что делает ее незаменимой в аварийном энергоснабжении удаленных поселений.



## Ускоренная амортизация оборудования для ВИЭ

В ноябре 2011 г. Министерство энергетики начало работу по включению оборудования, перерабатывающего энергию возобновляемых источников (ВИЭ), в список основных средств, подлежащих ускоренной амортизации. Это список будет сформирован по готовящемуся в настоящее время постановлению правительства РФ. В 2009 г. правительство РФ утвердило план, согласно которому к 2020 г. объем электроэнергии, вырабатываемой на основе ВИЭ, должен вырасти до 4,5% (с менее чем 1 %).

# Сжигание древесины в промышленных котлах

С. Тишаев

*История котлостроения начиналась с твердотопливных котлов, в которых сжигалась древесина, вытесненная в дальнейшем из области промышленного применения более удобными в использовании видами топлива. Однако энергетический кризис, разразившийся в Европе в 1970-е гг., и быстрое истощение запасов ископаемых топлив заставили взглянуть на древесину как на возобновляемый источник энергии.*

Технология сжигания древесины и других твердых топлив является более сложной по сравнению с технологиями сжигания газа или мазута. В начале процесса горения с поверхности древесины испаряется влага, и в верхнем слое происходит газификация (пиролиз) топлива. Возрастание температуры приводит к испарению внутренней влаги, и зона пиролиза распространяется вглубь куска древесины.

Образовавшийся при этом газ воспламеняется над частицей топлива, обеспечивая тепло для протекания процессов испарения и пиролиза. Сжигание – непрерывно. Газифицированная древесина становится раскаленным древесным углем, реагирующим на кислород до тех пор, пока не останется только зола. Чем более крупными являются частицы топлива, тем продолжительнее процесс сжигания.

Влажность топлива уменьшает количество содержащейся в нем полезной энергии, так как часть ее будет использована для испарения влаги. Влажная древесина имеет низкую теплоту сгорания, отнесенную на килограмм общей массы. Если данный показатель превышает 55–60 %, сжигание древесины очень затруднено. Влияние влажности на теплоту сгорания древесины может быть рассчитано по следующей формуле:

$$Q_{\text{H}}^{\text{p}} = H_n (100 - F)/100 - 2,442 \cdot F/100,$$

где  $Q_{\text{H}}^{\text{p}}$  и  $H_n$  – соответственно низшая теплота сгорания влажной и сухой древесины, МДж/кг общего веса;  $F$  – влажность, % общей массы; 2,442 – скрытая теплота парообразования воды при 25 °C, МДж/кг.

Сухая древесина имеет высокую теплоту сгорания. Чтобы предотвратить перегрев и последующее повреждение материалов, энергия должна отводиться

от топки. Поэтому она должна проектироваться для сжигания древесины определенной влажности.

До 80 % компонентов древесины при сжигании превращаются в газообразные вещества. Высокое содержание летучих веществ означает, что подаваемый для сжигания воздух, как правило, должен быть введен над слоем топлива в зону горения газов (вторичный воздух), а не под слой топлива (первичный). Он главным образом состоит из азота (около 78 %), кислорода (около 21 %) и аргона (около 1 %). Азот в основном инертен, но участвует в образовании оксидов азота; кислород необходим для горения; аргон – инертный газ. Воздух содержит также некоторое количество воды. В последние годы в промышленных котлах реализуется целый ряд технологий сжигания древесины:

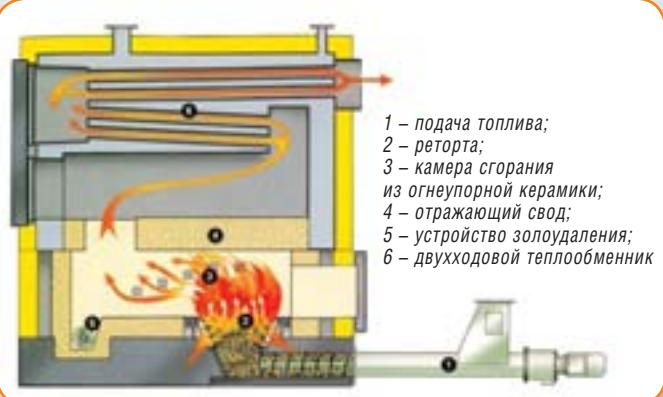
*Сжигание в объеме с использованием вихревых горелок* применительно к очень мелким отходам древесины влажностью до 20 %, например, опилкам и шлифовальной пыли. При этом, как правило, требуется «подсветка» природным газом или мазутом. Технология сжигания распыленного сырья имеет ряд преимуществ: более эффективно используется мощность котла, обеспечивается его высокий КПД, возможно сжигание газа или мазута в той же горелке, что и древесной пыли. Основной недостаток – высокие затраты, связанные с измельчением и сушкой сырья при отсутствии его в готовом виде как отходов производства.

*Сжигание на решетках:* топливо загружается на решетку и проходит зоны сушки, газификации и горения. Существуют решетки различного типа, их конструкции продолжают совершенствоваться с целью улучшения подачи воздуха, обеспечения равномерной загрузки топлива

и удаления золы: неподвижные и подвижные (цепные, вибрационные и наклонно-переталкивающие) водоохлаждаемые; подвижные воздухоохлаждаемые; вращающиеся. Неподвижные решетки, как правило, используют в установках мощностью до 1 МВт, подвижные (в том числе вращающиеся) – в установках мощностью до 10 МВт. В целях предотвращения шлакования и продления срока службы оборудования в новых котлах обычно применяют водоохлаждаемые решетки.

*Сжигание в реторте с нижней подачей сырья* – одна из наиболее распространенных технологий. Топливо через реторту проталкивается шнеком на неподвижную решетку (существуют также аналогичные конструкции с вращающейся решеткой). Первичный воздух подается под решетку через отверстия, расположенные на боковой поверхности реторты. Решетку охлаждает первичный воздух, вторичный – подается через ряд отверстий, расположенных над вершиной конусообразной горки топлива. Для достижения правильного соотношения расходов подвод первичного и вторичного воздуха регулируется раздельно. Топки с подачей сырья снизу обычно используются на установках небольшой (до 6 МВт) мощности, сжигающих древесную щепу, опилки и мелкокусковую древесину.

*Сжигание на подвижных решетках* применяется, как правило, для древесины с высокой (до 60 %) влажностью, зольностью и различным фракционным составом. Хорошо сконструированная и регулируемая решетка должна обеспечить равномерное распределение топлива и слоя тлеющих углей по всей поверхности. Это важно для равномерности подвода первичного воздуха ко всем областям решетки. Неравномерный подвод воздуха может стать причиной шла-



#### Пример котла со сжиганием древесины в реторте

кования, образования прогаров, большого количества летучей золы и увеличения количества избыточного кислорода, необходимого для полного сгорания. Использование подвижных решеток и системы контроля за слоем тлеющих углей с помощью датчиков инфракрасного излучения, применение для различных зон решетки воздуховодов первичного воздуха с регулируемой частотой, как правило, решают названные проблемы. Секционная подача первичного воздуха необходима для подстройки расхода в соответствии с потребностями зон сушки, газификации и горения. Применение раздельно регулируемой системы подачи первичного воздуха позволяет успешно про-

водить сжигание топлива на решетке и при частичной (вплоть до 25 % номинальной) нагрузке, а также поддерживать восстановительную атмосферу в зоне подвода первичного воздуха, что необходимо для обеспечения низкой эмиссии  $\text{NO}_x$ .

**Сжигание с загрузкой сырья распределительным стокером** является модификацией сжигания на решетке и применяется, в основном, в крупных котлах. Сырье вдувается в топку с воздухом при помощи пневматического распределительного стокера. Основная его часть сгорает во взвешенном состоянии. Возможность управления тепловыделением с помощью изменения расхода сырья сравнима с аналогичной возможностью в мазутной горелке. Более крупные частицы сырья не полностью сгорают во взвешенном состоянии и падают на решетку для догорания. Решетка может быть неподвижной либо подвижной.

**Сжигание во вращающейся печи.** В процессе сжигания во вращающейся печи

сырье встряхивается и перемешивается при непрерывном вращении цилиндрической топки. Преимущество технологии – универсальность в отношении сырья, благодаря которой она получила наибольшее распространение при утилизации бытовых и промышленных отходов.

**Сжигание в кипящем слое (КС).** Топки с КС рациональнее использовать на тепловых станциях номинальной мощностью котла от 10 до 30 МВт. В топках с КС слой инертного материала (обычно – кварцевого песка) расположен в нижней части топки. Первичный воздух подается через перфорированную распределительную пластину. Частицы песка обычно имеют диаметр около 1,0 мм, скорость витания составляет от 1,0 до 2,5 м/с. Температура слоя, как правило, колеблется в пределах 800–900 °C. Вторичный воздух вводится через несколько форсунок, расположенных в начале верхней части топки, называемой свободным пространством над слоем. Таким образом, организуется ступенчатая подача воздуха, обеспечивающая снижение эмиссии  $\text{NO}_x$ . Преимущество топок с КС – гибкость по отношению к размерам частиц и влажности топлива; один из недостатков – трудность эксплуатации при частичной нагрузке.

## ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

(пропарка бетона, процессы разогрева и сушки, подогрев технологической воды)

- теплогенераторы ТРГ  
(теплопроизводительность 110 и 200 кВт)
- воздухонагреватели ВС  
(теплопроизводительность от 200 до 700 кВт)
- водонагреватели контактные ВК  
(нагрев 8 м<sup>3</sup>/час воды до 85 °C)

Реклама



Оборудование сертифицировано. Разрешено к применению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору.

## АВТОНОМНОЕ ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

- воздухонагреватели рекуперативные  
(теплопроизводительность от 40 до 700 кВт)
- воздухонагреватели смесительные  
(теплопроизводительность от 200 до 6300 кВт)

347800, Ростовская область,  
г. Каменск-Шахтинский, пер. Придорожный, 67.  
тел. (86365) 7-12-54, тел./факс (86365) 7-66-93  
E-mail: [teplo\\_sr@kamensk.donpac.ru](mailto:teplo_sr@kamensk.donpac.ru),  
[www.gaz-teplo.ru](http://www.gaz-teplo.ru)



# Биотопливо и слоевое сжигание

В. Котлер, к. т. н., И. Рыжий

Анализ последних тенденций в промышленной энергетике США и европейских стран показывает, что владельцы многих промышленных предприятий, а также муниципалитеты и крупные торгово-развлекательные центры все чаще стараются обеспечить свои потребности в тепловой и электрической энергии путем сооружения новых или реконструкции действующих котлов с частичным переводом их на сжигание биотоплива.

**П**ричина такого решения – не только экономия затрат на топливо (стоимость природного газа в Европе уже приближается к 500 евро за 1000 м<sup>3</sup>), но и необходимость снижать выбросы в атмосферу тепличного газа (CO<sub>2</sub>). Дело в том, что сжигание биотоплива (древесных и растительных отходов) не оказывает влияния на баланс CO<sub>2</sub> в атмосфере: в отличие от природного газа, жидкого топлива и угля при использовании биотоплива в атмосферу поступает столько же CO<sub>2</sub>, сколько было поглощено из атмосферы в процессе образования этого топлива. Кроме того, топливо из растительной массы не содержит серы.

Таким образом, снижение затрат на топливо и одновременное решение важной экологической проблемы явились причиной значительного роста производства тепловой и электрической энергии из разнообразных видов биомассы. Важнейшую роль в этом сегменте играют растительные отходы, образующиеся при рубке леса, а также при его дальнейшей переработке. Значительную долю пригодной к использованию биомассы составляют отходы растениеводства: солома, костра, лузга, стебли некоторых растений и др. В табл. приведены основные энергетические характеристики древесного топлива.

Древесные отходы начинают накапливаться еще в процессе лесозаготовок и лесопереработки. По приблизительным оценкам количество древесных отходов колеблется от 9 до 89 т сухой массы на 1 га леса.

В лесопильном производстве почти 50 % древесины превращаются в отходы (рис. 1), а на деревообрабатывающих и мебельных предприятиях еще около 50 % пиломатериалов переходит в отходы.

Простое складирование огромного количества древесных отходов вызыва-

ет серьезное загрязнение воздуха, воды и почвы. Поэтому вопрос утилизации опасных отходов и вовлечение их в хозяйственный оборот давно привлекает внимание специалистов-технологов всех отраслей.

Предшествующий опыт показывает, что наиболее перспективными методами решения этой проблемы являются термические процессы и технологии, разработанные на их основе.

Для сжигания древесных отходов используют обычно топки слоевого сжигания, а в некоторых случаях (для сжигания переработанной определенным образом древесины) – топки кипящего слоя.

Одно из перспективных направлений повышения энергетической ценности древесных отходов, в том числе и коры, – брикетирование, состоящее в сушке, измельчении, смешении со связующим веществом и прессовании брикетов (рис. 2). Полученные брикеты имеют ряд важных преимуществ по сравнению с исходной

древесиной: они требуют меньше места для хранения, их теплота сгорания достигает 17 МДж/кг (~4060 ккал/кг), они отличаются малой зольностью и отсутствием при горении вредных веществ и запаха. В США и Канаде такие топливные брикеты пользуются большим спросом в качестве топлива для каминов.

В Европе (главным образом – в странах Скандинавии) сжигание брикетов в котлах с механическими решетками используется, как правило, для экономии природного газа или жидкого топлива.

Табл. Элементный состав и характеристики древесного топлива

Топливо	Состав органической массы, %			Характеристики рабочего топлива		
	Со	Но	Оо+Но	Wr, %	Ar, %	Qri, МДж/кг (ккал/кг)
Древесина:						
сосна	50,2	6,0	43,8	57,4	1,4	7,12 (1700)
береза	49,3	6,1	44,6	50,4	2,1	8,14 (1944)
ольха	49,0	6,3	44,8	51,0	1,4	7,78 (1858)
осина	48,8	6,1	45,1	44,0	1,1	9,15 (2185)
Солома	44,9	5,4	49,7	8,0	5,0	13,12 (3134)
Лузга подсолнечника	51,7	6,3	42,0	15,0	2,0	15,50 (3702)
Камыш	-	-	-	16,0	7,4	14,40 (3440)



Рис. 1. Биотопливо – древесные отходы

Примером успешного перехода с жидкого топлива на сжигание биомассы является котельная больничного комплекса в г. Йончёпинг (Швеция). В старой котельной был установлен новый котел со слоевым сжиганием мощностью 2,5 МВт. Топливом для нового котла служили брикеты из опилок, коры, стружек и торфа. Это топливо было сравнительно сухим (влажность не превышала 5–10 %), а его теплота сгорания достигала 4300 ккал/м<sup>3</sup> (18 МДж/м<sup>3</sup>). Брикеты поступали в котельную в специальных контейнерах.

Имеющаяся котельная на жидкотопливных брикетах была сохранена как резервная и для покрытия пиковых нагрузок. Суммарная потребность больничного комплекса в тепле, включая горячее водоснабжение, составляла примерно 7740 Гкал (9000 МВт·ч). Большая часть этой нагрузки (до 85 %) обеспечивалась за счет сжигания брикетов, однако в зимние пики, а также в жаркое время года, когда нагрузка снижалась до 0,2 МВт, приходилось использовать жидкое топливо.

Эксплуатация обновленной котельной показала, что среднегодовой КПД всей системы, включая подземную теплосеть, составляет 80 %. Важным достижением, кроме снижения затрат на топливо, явилось повышение уровня обеспеченности энергоносителем за счет использования местного сырья и рост региональной занятости населения, связанной с заготовкой и обработкой топлива.

Существенным достижением является также снижение выбросов в атмосферу

таких загрязнителей, как SO<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>. При работе котельной на малосернистом жидкотопливном топливе годовые выбросы сернистого ангидрида составляли 1905 кг. В результате сжигания брикетов в атмосферу выбрасывается только 650 кг SO<sub>2</sub> и еще 285 кг – от сжигания жидкого топлива (при пиковой нагрузке в холодные дни).

Выбросы CO<sub>2</sub> при работе на жидкотопливном топливе составляли 2935 т/год. Сжигание биотоплива не добавляет в атмосферу диоксид углерода, вызывающий парниковый эффект. И только сжигание небольшого количества жидкого топлива приводит к выбросам 440 т CO<sub>2</sub>, что составляет лишь 15 % от прежних выбросов.

Что касается оксидов азота, то их количество несколько возросло, т.к. при сжигании твердого топлива образование NOx оказалось выше, чем при сжигании жидкого топлива.

Удачным примером одновременного решения нескольких проблем является промышленная ТЭЦ Grayling в штате Мичиган (США). Общая мощность ТЭЦ – 34 МВт. Производительность котла составляет 143 т/ч при параметрах пара 8,9 МПа, 510 °C. Проектный расход условного топлива на выработку электроэнергии составляет 490 г.у.т./кВт·ч. Топливная смесь на 15–20 % состоит из опилок и стружки, получаемых с расположенной рядом лесопилки, на 15–20 % – из древесной щепы, доставляемой с ближайших деревообрабатывающих предприятий, и на 30 % – из обрезков, которыми снабжает ТЭЦ близлежащая бумажная фабрика. Остальная часть топлива формируется за счет отходов древесины, образующихся в результате прореживания местных лесных массивов.

Влажность подаваемой в топку топливной смеси составляет в среднем 40–45 %, но в сырую погоду может достигать и 50 %. В используемом топливе содержание частиц размером менее 6,3 мм достигает 40–50 %. При влажности 48 % теплота сгорания топлива составляет 10,47 МДж/кг (2500 ккал/кг). Слоевая топка имеет нижнюю подачу топлива, но для сжигания тонких фракций почти 60 % воздуха подается в объем топки над решеткой и только 40 % – под решетку. Воздух, подаваемый над решеткой, вводится на четырех уровнях через переднюю и на

трех уровнях – через заднюю стенку топки. Летучая зола за котлом улавливается в трехпольном электрофильтре, а затем используется вместо известняка для повышения pH почв сельскохозяйственных угодий.

Еще один пример использования биотоплива в США – ТЭЦ Вудленд (Woodland, штат Калифорния). Мощность ТЭЦ – 25 МВт. Котел с циркулирующим кипящим слоем имеет производительность 113,4 т/ч при давлении пара 6,45 МПа и температуре 482 °C. В котле можно сжигать различные виды отходов деревообрабатывающего и сельскохозяйственного производства, включая скорлупу миндального и грецкого орехов, персиковые и оливковые косточки, солому, рисовую шелуху, а также отходы, образующиеся при обрезке виноградников. Различные виды биотоплива смешиваются для достижения относительно однородной массы с теплотой сгорания выше 16,28 МДж/кг (3890 ккал/кг). Численность штатного персонала электростанции составляет 23 человека.

ТЭЦ работает достаточно надежно, хотя сжигание больших объемов сельскохозяйственных отходов приводит к износу оgneупоров в циклонах золоулавливания. Дополнительные трудности связаны с тем, что объемы поставляемых на ТЭС отходов сельскохозяйственного производства меняются в зависимости от времени года. Запуск энергоблока из холодного состояния занимает от 12 до 14 часов (при этом используются две газовые горелки: одна для подогрева воздуха, другая – для самой топки).

В Великобритании производство энергии из биомассы в общем объеме генерации уже составляет 3,8 %. Показатели обещают расти и впредь, поскольку, согласно планам Европейского Союза, к 2020 г. доля возобновляемых источников энергии должна увеличиться до 20 %, а биоэнергия, предположительно, составит две трети всей энергии, получаемой от возобновляемых источников.

Примером электростанции, успешно сжигающей уголь и древесные брикеты, является ТЭЦ Slough Trading Estate на юге Великобритании. В 1991 г. на этой ТЭЦ были установлены два котла с ЦКС паропроизводительностью 180 т/ч на параметры пара 8,7 МПа и 509 °C.



Рис. 2. Биотопливо – брикеты из сухих отходов древесины



Рис. 3. ТЭЦ на древесных отходах

ТЭЦ поставляет потребителям тепловую (500 МВт) и электрическую (90 МВт) энергию. Коэффициент использования тепла топлива (в расчете на высшую теплоту сгорания) составляет 86 %.

В котле сжигается уголь с теплотой сгорания  $Q_f=27$  МДж/кг (6440 ккал/кг) и брикеты с  $Q_f=18$  МДж/кг (4300 ккал/кг), которые получают из отходов, образующихся при производстве бумаги и картона. Доля угля должна быть не менее 60 %. Топка котла с кипящим слоем имеет 3 зоны, отличающиеся размером поперечного сечения. В третьей зоне при температуре 900 °C происходит дожигание продуктов неполного горения, после чего газы и материал слоя попадают в циклоны. Уходящие дымовые газы с температурой 140 °C очищаются в тканевом фильтре и затем поступают в дымовую трубу высотой 104 м. Содержание серы в угле – 0,7 %, в бри-

кетах – 0,15 %, поэтому для обеспечения норм по выбросам SO<sub>2</sub> в слой добавляют около 1 т известняка в сутки. Выбросы NO<sub>x</sub> оказываются достаточно низкими и не требуют специальных устройств для очистки дымовых газов.

Многолетний опыт успешной эксплуатации за рубежом котлов с механическими решетками и с кипящим слоем при совместном сжигании угля и промышленных отходов свидетельствует о перспективности этого направления и для российских энергетиков. Особенно выгодным может оказаться совместное сжигание твердого топлива и древесных отходов для Северо Запада, Сибири и богатых лесом Приморских регионов. Снижение затрат на достаточно дорогой уголь будет сопровождаться уменьшением ущерба для окружающей среды и сокращением выбросов тепличного газа.

Реклама

**БЕЛОГОРЬЕ**  
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**БЕЛОГОРЬЕ**

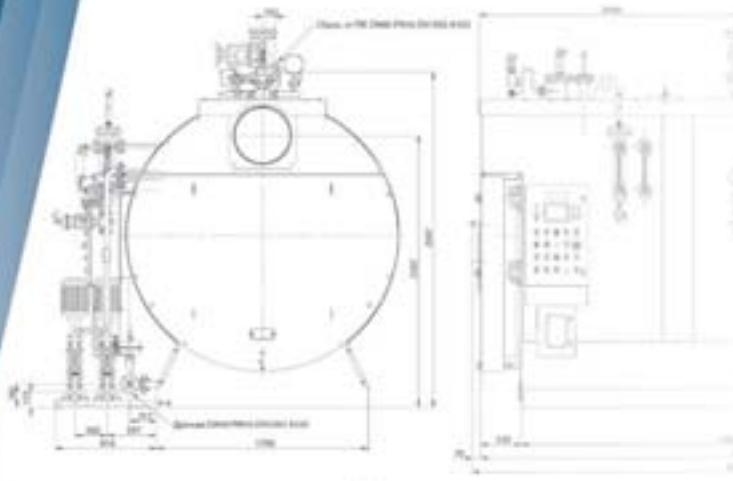
Производитель  
**ОТОПИТЕЛЬНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**  
европейского качества

- КОТЛЫ ВОДОГРЕЙНЫЕ  
(от 100 кВт до 7,56 мВт)  
- КОТЛЫ ПАРОВЫЕ  
- горелки  
- транспортабельные котельные

МОНТАЖ, СЕРВИС, НАЛАДКА, ГАРАНТИЯ

Россия, Белгородская обл.,  
г. Шебекино, ул. Октябрьская, 11  
тел/факс: (47248) 2-56-88  
(многоканальный)  
отдел продаж: (47248) 2-56-83Ф,  
2-55-89, 2-56-86, 2-55-84  
[www.belogorye.ru](http://www.belogorye.ru)  
e-mail: whitehills@belogorye.ru

## Котлы паровые двух- и трехходовые высокого и низкого давления

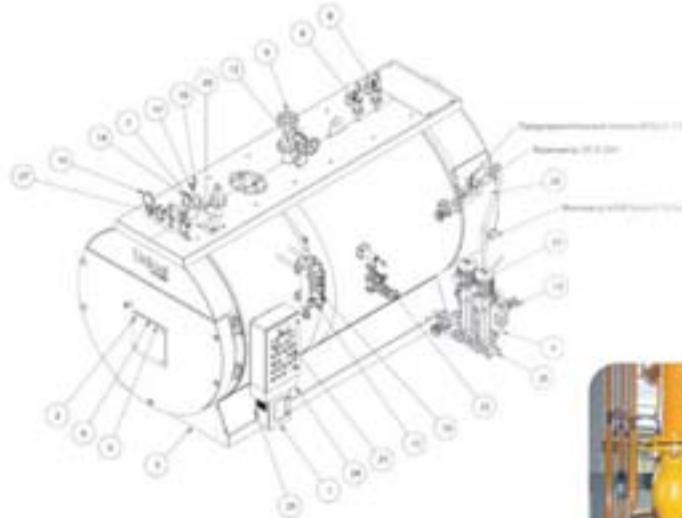


### BAHR' UNO

давление до 0,7 бар  
паропроизводительность  
до 3000 кг/ч

### BAHR' 12/15 HP и НРЕС

давление до 12/15 бар  
паропроизводительность  
до 5000 кг/ч



### TRYPASS' 12/15

давление до 12/15 бар  
паропроизводительность  
до 17 250 кг/ч



Поставки 2010 года:

ООО «Молочные Эко-фермы», г. Белгород  
ООО «КонсервСушПрод», г. Брянск  
ООО «Прохоровский  
комбикормовый завод», г. Белгород  
ООО «Кондитерская фабрика  
«Богатырь», г. Москва  
ООО «Промбетон», г. Орел

Авторизованный сервисно – дилерский центр,  
официальный партнер компании UNICAL AG S.P.A. в России:  
ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»

143400, Московская область, г. Красногорск, ул. Успенская, дом 3, офис 304  
Тел./факс: (495) 980-61-77, energogaz@energogaz.su, www.energogaz.su



Во многих регионах гниет в штабелях дровяная и малотоварная древесина, не говоря уже о порубочных остатках, перезрелой древесине и тесе. При строительстве трубопроводов, ЛЭП, автомобильных и железных дорог огромное количество древесных отходов, возникших после рубок, закапывается или превращается в мусор. Все они могли бы стать мегаваттами тепловой и электроэнергии.

## Перспективы пеллетного топлива в России

Н. Егоров

На фоне громких общественных дискуссий на тему внедрения инновационных технологий, в том числе и в биоэнергетике, на практике в России сейчас почти отсутствует какое-либо стимулирование применения возобновляемых источников энергии. Несмотря на то, что закон об энергосбережении и энергоэффективности был принят в 2008 г. (по мнению многих экспертов, он был принят только благодаря мировому финансовому кризису), нормативная база полна недоработок и требует дополнений, что не лучшим образом оказывается на практике применения закона. К тому же, эффективной экономии энергии и денежных средств вредит бюрократическая задержка регистрации проектов с использованием энергосберегающих технологий, и в частности, возоб-

новляемой энергии. При хозяйствском подходе и должном содействии органов власти за эти три года (с осени 2008 г. по осень 2011 г.) можно было модернизировать как минимум 30 % «проблемных» котельных в ЖКХ и перевести их на биотопливо.

Тем не менее, ситуация в масштабах страны практически не изменилась. В тоже время в Украине Верховная Рада приняла закон, согласно которому с 1 января 2010 г. на 10 лет освобождается от налогообложения прибыль производителей биотоплива, полученная от его продажи. Также от налогообложения освобождается прибыль предприятий, полученная ими от деятельности с одновременным производством электрической и тепловой энергии либо от производства тепловой энергии с использованием биотопли-

ва, прибыль производителей техники и оборудования, на котором производится биотопливо.

### Рубить или не рубить?

Негативно влияет и косность в восприятии самих пеллет. В России в значительной степени до сих бытует ошибочное представление, что пеллеты – результат переработки зеленого леса в биотопливо и что, соответственно, производство пеллет есть истребление лесных богатств родины с целью вывоза на Запад в качестве сырьевой продукции низшего передела.

Подобные суждения невежественны, поскольку производство гранул является не получением продукции низшего передела, а высокорентабельной переработкой отходов древесины, которые ранее



*Гнилье или пеллетное топливо?*

вообще никак не использовались. Они либо гнили в отвалах, либо закапывались, либо просто сжигались без всякой экономической выгоды. В то время как в Европе используется почти 100 % отходов деревопереработки и лесозаготовок, в России уровень освоения расчетной лесосеки составляет примерно 25 %. Для поддержания леса в хорошем состоянии необходимы оздоровительные рубки, иначе при гниении он потребляет больше кислорода, чем выделяет при жизни. Одна из основных проблем российского лесопользования заключается в том, что объем фактической заготовки древесины меньше установленного. То есть налицо недоруб расчетной лесосеки: ежегодно вырубается меньше леса, чем необходимо в соответствии с Правилами рубок. Традиционным оправданием такого положения является тот аргумент, что показатель освоения расчетной лесосеки снижается не по причине ее недоиспользования, а из-за исчерпания лесного фонда вследствие экстенсивной эксплуатации лесных ресурсов еще в советское время.

### **Пеллетный бизнес**

К потенциальным инвесторам перехода на котельные, использующие биотопливо, относятся компании в сфере автономного теплоснабжения и предприятия деревообработки, располагающие большим потенциалом неиспользуемой биомассы.

Стоимость переоборудования и реконструкций котельных не так высока, но в регионах инвесторов отпугивает отсутствие действенного механизма возврата инвестиций через тариф, а также бездействие чиновников на местах и их нежелание что-либо менять в текущей конъюнктуре.

Между тем, во многих регионах России котельные на биотопливе уже работают, проводились всевозможные испытания котлов, в том числе и отечественного производства, которые показали, что в некоторых случаях даже не требуется серьезной модернизации, а период окупаемости полной замены или реконструкции котельных, сжигающих уголь или мазут (в основном такие котельные в ЖКХ имеют мощность менее 5 МВт), составляет максимум три года. Например, в Смоленской области, в Велижском районе, еще в 2008 г. в муниципальной угольной котельной (котел КВ-Д-1) попробовали просто поменять топливо – заменили уголь древесными брикетами. Результат оказался положительным: стоимость 1 Гкал стала ниже, чем была прежде, сократились затраты на электроэнергию, стало возможным отказаться от трудозатрат по выгрузке угля из железнодорожного тупика и минимизировать площади для хранения топлива, не говоря уже об экологическом эффекте. К сожалению, на этом все и закончилось, разве что продол-

жились многочисленные переговоры в областной администрации с часто меняющимися региональными чиновниками. А из госбюджета продолжают дотировать электрокотельные, где стоимость выработки 1 Гкал составляет 7–9 тыс. руб. (при замене в такой котельной котла на пеллетный 1 Гкал будет стоить 1–2 тыс. руб.).

Что касается пеллетных бытовых котлов, то в Московской и Ленинградской областях, на Урале производство гранул и брикетов, их доставка владельцам котлов, установка и сервисное обслуживание котлов и каминов, популяризация биотоплива среди населения за последние несколько лет стали сложившимся серьезным бизнесом. Основными потребителями являются: коттеджные поселки, где существуют проблемы с подведением газа, частные дома с печным отоплением в небольших поселениях и райцентрах (замена дров на брикеты). Есть уже примеры перевода угольных котельных на биотопливо в многоквартирных домах. Сегодня дешевле пеллет только газовое отопление, но если использовать агропеллеты, то стоимость выработки 1 Гкал получается ниже, чем при использовании газа. Проблема пока только в высокой стоимости специализированных котлов для агропеллет.

В 2009 г. объем производства топливных гранул в России оценивался на уровне 0,9–1 млн т. Первые заводы по производству гранул появились в России всего шесть лет назад и работали главным образом на экспорт. Еще три-четыре года назад доля внутреннего рынка потребления производимых в России гранул составляла около 5 % от общего объема всех произведенных в РФ пеллет, сегодня – не менее 30 %. На российском рынке появляются новые инвесторы, начали проявлять интерес к этому направлению крупные деревообрабатывающие предприятия и предприятия ТЭК. Примечательно, что производство пеллет, идущих на экспорт, рентабельно даже в таких регионах, как Красноярский край («Енисейский ДОК») и Ханты-Мансийский АО («Сургутмебель»).

Россия является мировым лидером по запасам как лесной, так и агропромыш-

ленной биомассы. Всего несколько лет назад потенциал отходов лесной биомассы (отходов лесозаготовок и деревообработки) составлял 48,44 млн т у. т. (тонн условного топлива), а потенциал отходов в растениеводстве и перерабатывающей промышленности АПК – 62,65 млн т у. т. (Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. Изд-во «Энергия», 2007). В сельском хозяйстве эти ресурсы просто запахиваются, закапываются в землю. В лесопромышленном комплексе на сегодняшний день используется только 25 % отходов деревообработки. Что касается порубочных остатков, то они просто не вывозятся из леса по причине нерентабельности. А государство никак не поддерживает их вывоз, хотя это миллионы рублей (в частности, данный продукт мог бы стать экспортным – в виде тех же топливных гранул и брикетов).

В США и в Канаде тоже большой потенциал биомассы (суммарная площадь лесов там около 550 млн га), и эти страны впереди в технологическом отношении. Но если производство биотоплива будет развиваться и в России (более 700 млн га лесов), то спрос на эту



Линия по производству пеллет

продукцию российских предприятий, учитывая перспективные потребности рынка (особенно европейского), всегда будет. В ближайшие годы серьезным импортером станет Китай, что является положительным фактором для производителей биотоплива в Сибири и на Дальнем Востоке. Таким образом, Россия может стать одним из главных экспортеров на стремительно развивающемся мировом

рынке биотоплива. Это даже было отмечено в ежегодном обзоре Forest Products Annual Market Review, который в 2009 г. опубликовали Европейская экономическая комиссия при ООН (United Nations Economic Commission for Europe) и подразделение ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Для этого необходимо как дальнейшее развитие лесного законодательства в направлении выработки норм, стимулирующих глубокую переработку древесины и решение проблемы утилизации древесных отходов (сделать так, чтобы их вывоз из леса стал выгодным, как, например, в Швеции и Финляндии), так и разработка программы развития биоэнергетики в рамках закона об энергоэффективности с участием Фонда реформирования ЖКХ и других заинтересованных организаций и ведомств. Производство биотоплива в виде гранул, брикетов, щепы может стать локомотивом развития российской глубинки: это и котельные в негазифицированных регионах, и перевод муниципальных котельных с ископаемых видов топлива (угля, нефти, мазута) на биотопливо, и создание новых рабочих мест в районах с хронической безработицей, и внедрение новых технологий и модернизация инфраструктуры, и улучшение экологической обстановки, и возможность получения дополнительного финансирования по проектам Киотского протокола.

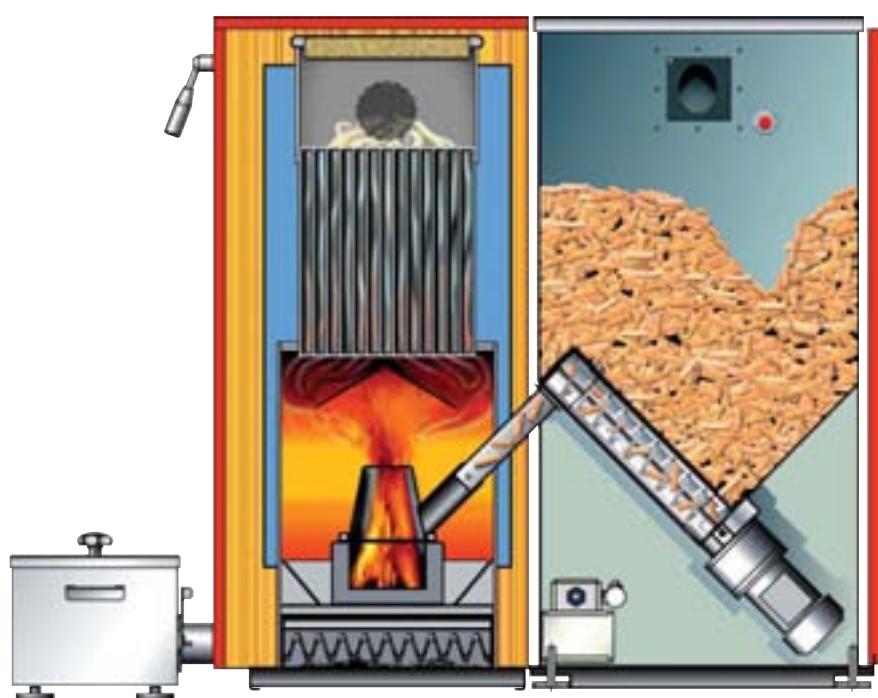
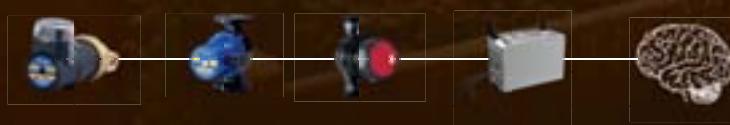


Схема работы пеллетного котла

# Тепло и уют в доме с нашими насосами! **XYLEM** уже в России!

Обратитесь к нам, если у Вас проблемы с отоплением!

Полная линейка насосного оборудования. Уникальный энергосберегающий насос для Вашего дома. Наш мировой опыт позволяет снизить расходы на электроэнергию и обслуживание. Давайте решать проблемы вместе! Посетите наш сайт [www.lowara.ru](http://www.lowara.ru)



Lowara | Vogel Pumpen

Lowara – это бренд корпорации Xylem, 12 000 сотрудников которой работают на международном рынке, решая наиболее сложные задачи в области водоснабжения и отопления.

**xylem**  
Let's Solve Water

# Подавление токсичных выбросов на котлах с механическими решетками

В. Котлер, к. т. н., И. Рыжий

*Котлы промышленных и отопительных котельных потребляют меньше топлива, чем тепловые электростанции. Однако расположены они в городах, и высота дымовых труб составляет, как правило, 30–60 м. В результате этого во многих городах именно небольшие по мощности промышленные и отопительные котельные часто определяют уровень приземной концентрации токсичных газов, и от них зависит соблюдение санитарно-гигиенических норм предельно-допустимых концентраций (ПДК).*

Частичное решение экологических проблем в промышленной энергетике удается осуществить за счет использования в котлах природного газа: в отличие от угольных котлы, работающие на газе, не выбрасывают в атмосферу золевые частицы и сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$ . Но, к сожалению, в Российской Федерации остается еще много районов, в которых пока отсутствует такая возможность. Приходится сжигать уголь, используя механические решетки, в которых образуется значительное количество токсичных оксидов азота  $\text{NO}_x$ . Между тем, санитарные органы, устанавливая нормы предельно-допустимых выбросов (ПДВ) исходят из необходимости обеспечить требуемую чистоту атмосферного воздуха независимо от используемого в котельной топлива.

Еще труднее решать экологические проблемы за счет использования более подходящего топлива зарубежным энергетикам: в Европе цена природного газа значительно выше, чем в России. Для промышленных потребителей в 2008 г. природный газ в Великобритании обходился по цене 337, в Италии – по 431, во Франции – по 458 долл./тыс.м<sup>3</sup>. Даже в США, несмотря на собственную добычу 767 млрд м<sup>3</sup> в год, цена природного газа в 2008 г. достигала 452 долл./тыс.м<sup>3</sup>. В то же время средняя стоимость угля оставалась почти постоянной: 40–60 долл./т у.т. Позже природный газ в США стал стоить дешевле, но все же в 2010 г. он в среднем стоил в 3,7 раза дороже, чем уголь (в расчете на т.у.т.). Поэтому многие владельцы промышленных и отопительных котельных продолжают эксплуатировать надежные угольные котлы с механическими решетками, но

при этом используют все возможности для ограничения до разрешенного уровня выбросов вредных веществ в атмосферу.

Примером может служить разработанный Институтом газовых технологий США (IGT) метод подавления эмиссии  $\text{NO}_x$ , внедренный на нескольких котлах с механическими решетками. Получивший название Methane de  $\text{NO}_x$ , он очень похож на применяемый на пылеугольных котлах в «большой» энергетике метод трехступенчатого сжигания: в топочный объем над решеткой подается небольшое количество природного газа в смеси с газами рециркуляции. При этом там создается среда с недостатком кислорода, что не только тормозит образование  $\text{NO}_x$ , но и приводит к частичному восстановлению уже образовавшегося оксида азота до безвредного молекулярного азота  $\text{N}_2$ . Выше в топочный объем вдуваются воздушные струи для дожигания продуктов неполного сгорания. Эти же струи выравнивают профиль температур и состав газов по сечению топки.

Схема сжигания твердых городских отходов в котле с механической решеткой после реконструкции топки показана на рис. 1. Производительность котла по пару составляла около 14 т/ч. Расход твердых городских отходов при этом был равен 3,5 т/ч. До реконструкции при нагрузке, близкой к номинальной, температура дымовых газов за экономайзером равнялась 218 °C, концентрация  $\text{O}_2$  – 10,5 % ( $\alpha=2,0$ ). Содержание токсичных компонентов в продуктах сгорания составляло:  $\text{CO}$  – 96,  $\text{NO}_x$  – 406 мг/м<sup>3</sup> (все концентрации – в пересчете на  $\text{O}_2=6\%$  в сухих дымовых газах).

В контрольном опыте после завершения работы при подаче 12 % природного газа и 10 % рециркуляции дымовых газов температура за экономайзером составляла 217 °C, концентрация  $\text{O}_2$  – 5,9 % ( $\alpha=1,39$ ), а содержание токсичных компонентов значительно снизилось:  $\text{CO}$  – 44,  $\text{NO}_x$  – 165 мг/м<sup>3</sup> (6 %  $\text{O}_2$ ).

Таким образом, малозатратная реконструкция топки привела к тому, что за счет сжигания небольшого количества природного газа удалось снизить выбросы  $\text{NO}_x$  на 50–60 и  $\text{CO}$  – на 40–50 %. Одновременно удалось снизить избыток воздуха, в результате чего КПД котла повысился на 2–2,5 %.

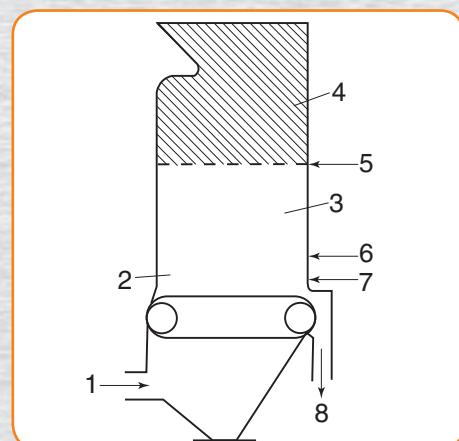


Рис. 1. Схема трехступенчатого сжигания для угольного котла с механической решеткой:

1 – подача воздуха под решетку; 2 – образование  $\text{NO}_x$ ; 3 – зона восстановления  $\text{NO}_x$ ; 4 – зона дожигания; 5 – ступенчатая подача воздуха; 6 – природный газ и рециркулирующие дымовые газы; 7 – уголь; 8 – шлак

# Эффективность всей линейки продукции.



Реклама

## Примеры нашей Комплексной программы

Газовые и жидкотопливные котлы мощностью от 4,5 до 20500 кВт

Тепловые насосы

Когенерационные установки

Солнечные коллекторы



## Эффективность Плюс

Эффективность является важнейшим энергоресурсом.  
Наша комплексная программа предлагает индивидуальные  
решения с энергоэффективными системами для всех  
источников энергии и решения задач любой сложности.  
[www.viessmann.ru](http://www.viessmann.ru)

**VIESSMANN**  
climate of innovation

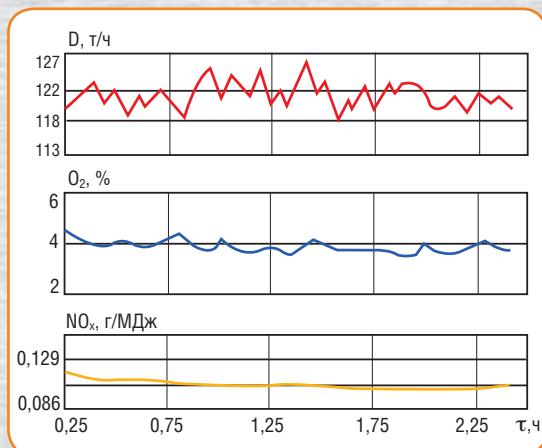


Рис. 2. Результаты испытаний котла после реконструкции при 100 % нагрузке: диаграммы изменения расхода пара  $D$ , концентрации кислорода  $O_2$  в дымовых газах за котлом, удельных выбросов  $NO_x$

В связи с замещением части серосодержащего топлива природным газом несколько уменьшились выбросы  $SO_2$ . Но главным достижением авторы считают обеспечение норм по допустимым выбросам  $NO_x$  без использования аммиака, хранение и подача которого в топку вызывали большие трудности.

Также этот метод был внедрен на более крупном угольном котле. При номинальной нагрузке котла в нем сжигалось 11,8 т/ч угля, а тепловая мощность топки составляла 105,5 МВт (90,7 Гкал/ч). Измеренная объемная концентрация  $NO_x$

в дымовых газах составляла 354 ppm (т.е. 726 мг/м<sup>3</sup> при  $O_2=6\%$ ), а удельные выбросы – 0,237 г/МДж.

По законам штата Вирджиния, где был установлен этот котел, максимальные выбросы  $NO_x$  не должны превышать 0,138 г/МДж. С учетом этого была поставлена задача: за счет реконструкции топки снизить удельные выбросы до 0,125 г/МДж (примерно до 360 мг/м<sup>3</sup> при  $O_2=6\%$ ).

После внедрения показанной на рис. 1 схемы трехступенчатого сжигания на котле были проведены опыты с нагрузками от 40 до 100 % номинальной. Количество сжигаемого природного газа менялось от 5 до 25 % (по теплу), а количество рециркулирующих дымовых газов – от 10 до 35 %. Отношение количества воздуха, подаваемого в верхнюю часть топки, к подрешеточному воздуху в различных опытах колебалось от 15 до 32 %. Результаты измерения состава

дымовых газов за котлом при разных нагрузках и оптимальной доле природного газа приведены в табл.

На рис. 2 показаны результаты непрерывных измерений некоторых параметров в течение двух часов. Как видно из диаграмм, расход пара менялся в узком диапазоне от 118 до 127 т/ч, а концентрация кислорода в дымовых газах за котлом поддерживалась на уровне примерно 4 % ( $\alpha=1,23-1,24$ ). При этом удельные выбросы  $NO_x$  стабильно удерживались на отметке 0,1075 г/МДж.

Таким образом, и для угольного котла с механической решеткой внедрение метода трехступенчатого сжигания позволило без использования аммиака или мочевины выполнить действующие в штате Вирджиния нормы по допустимым выбросам  $NO_x$  за счет сравнительно простой реконструкции топочной камеры. При этом удалось повысить КПД котла в среднем на 2 %, что привело к годовой экономии около 340 тыс. долл.

Табл. Результаты опытов при разных нагрузках

Характеристика	Нагрузка котла, %			
	40	60	80	100
Доля природного газа, % (по теплу)	8,31	7,30	7,60	8,27
Концентрация $O_2$ , %	4,58	3,97	3,41	2,89
Удельные выбросы $CO$ , г/МДж	0,027	0,021	0,016	0,029
Удельные выбросы $NO_x$ , г/МДж	0,120	0,125	0,120	0,125
Снижение потерь тепла с уходящими газами, %	3,28	1,53	0,94	0,45

**FLOWSERVE GESTRA**

Тел./факс: +7 (495) 988-44-18, [www.alvas-eng.ru](http://www.alvas-eng.ru)

ООО «АЛВАС Инженеринг» представляет на российском рынке немецкую компанию GESTRA AG. Компания основана в 1902 г. и на сегодняшний день является одним из мировых лидеров в производстве оборудования для пароконденсатных систем и котельной автоматики. Мы предлагаем нашим клиентам надежные комплексные решения, которые работают максимально эффективно и окупают затраты на их внедрение в сравнительно короткий срок.

Мы предлагаем следующие услуги:

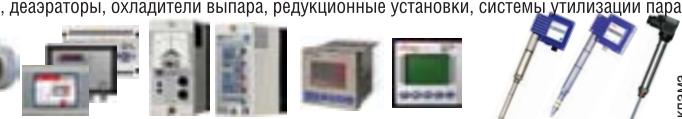
- инжиниринг пароконденсатных систем
- обследование пароконденсатных систем на предмет их оптимизации
- разработка и внедрение энергосберегающих решений для пароконденсатных систем
- шеф-монтаж и пуско-наладка поставляемого оборудования
- гарантийное и послегарантийное обслуживание поставляемого оборудования



# ООО «АЛВАС Инженеринг»

Поставляемое оборудование:

- конденсатоотводчики, смотровые стекла, оборудование для тестирования конденсатоотводчиков
- межфланцевые обратные клапаны, сильфонные запорные вентили, сетчатые фильтры, предохранительные клапаны, клапаны непрерывной и периодической продувки паровых котлов
- регулирующие клапаны на пар и воду, перепускные клапаны, редукционные клапаны
- современные средства автоматизации котельных установок: электродные датчики уровня, солесодержания, температуры, контроллеры
- системы контроля качества конденсата
- системы сбора/возврата конденсата, механические конденсатные насосы, сепараторы пара, отделятели пара вторичного вскипания, деаэраторы, охладители выпара, редукционные установки, системы утилизации пара вторичного вскипания



Реклама

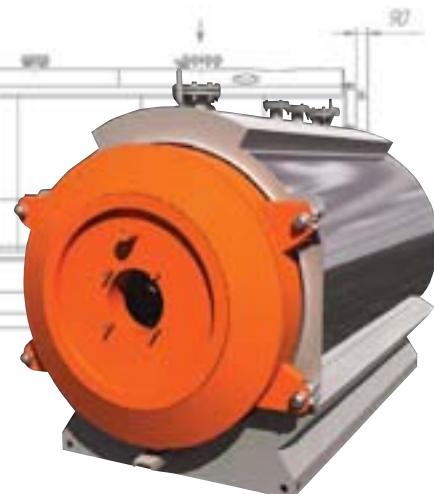
# Завод котельного оборудования «ВОЛЬФ ЭНЕРДЖИ СОЛЮШЕН»

**РАЗРАБОТАНЫ**  
С УЧЕТОМ ОПЫТА И  
ТРЕБОВАНИЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
РОССИЙСКИХ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

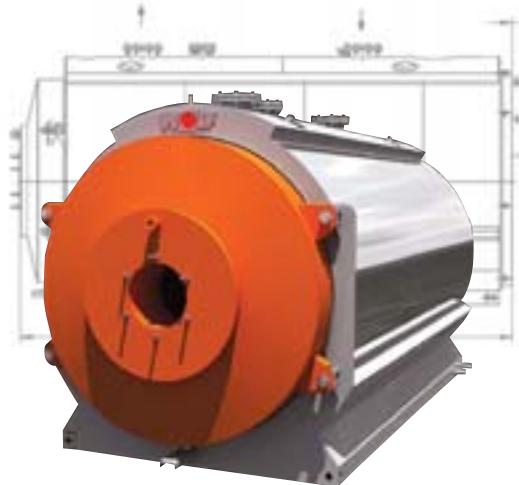


Водотрубные водогрейные  
газоплотные котлы  
серии EUROTHERM  
мощностью

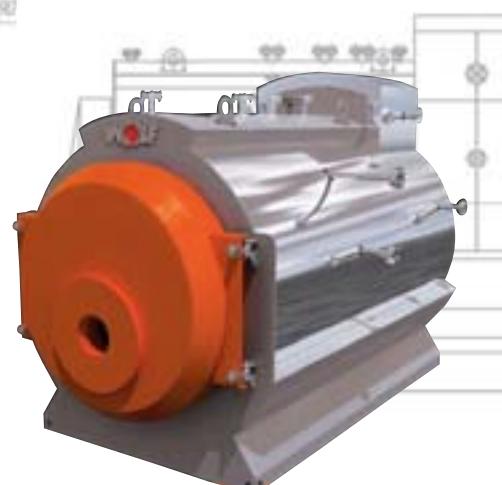
**от 3,15 до 58,2 МВт**



Двухходовые жаротрубные  
водогрейные котлы  
серии DUOTHERM  
мощностью  
**от 0,5 до 2,0 МВт**



Трехходовые жаротрубные  
водогрейные котлы  
серии GKS DYNATHERM  
мощностью  
**от 1,7 до 5,8 МВт**



Двухходовые жаротрубные  
паровые котлы  
серии VAPOTHERM  
производительностью  
**от 500 до 4000 кг/час**

+7 (495) 790-78-92

+7 (495) 233-42-60

[www.100mw.ru](http://www.100mw.ru)

**Немецкое качество. Российский опыт.**



Нормативами, регламентирующими требования к звукоизоляции, являются СНиП от 23.03.2003 «Защита от шума», а также СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Максимально допустимый уровень шума для производственных помещений с речевой связью установлен в пределах 80–85 дБ.

## Защита от шума: методы и средства

М. Егорушкин

**В**ыбор тех или иных акустических решений и эффективность их применения зависят от источников и путей распространения шума. При эксплуатации оборудования малой и средней энергетики передача шума от источника во внешнюю среду происходит тремя способами.

Во-первых, это передача шума по воздуху. Такой шум непосредственно воспринимается людьми; он может распространяться как во внутреннем, так и внешнем пространстве здания. Например, крышная мини-ТЭЦ производит шум, распространяющийся на окружающую территорию, но он может проникать и внутрь здания, доставляя дискомфорт обитателям верхних этажей.

Во-вторых, при работе энергоустановок возникает шум гидравлических систем, который передается через жидкости, текущие по трубам. Он может возникать в результате образования полостей в насосе, резких изменений диаметра трубы и т.д., и передаваться на большие расстояния в здании.

В-третьих, дискомфорт доставляет шум от вибрации, которая передается от энергоустановки к строительным конструкциям здания. Поскольку современные здания часто выполнены из железобетона, металла и кирпича, вибрации передаются на большие расстояния практически без потерь на стыках и по длине конструктивных элементов, затем «проявляясь» в виде шума, передаваемого по воздуху, в отдаленных участках здания. Для защиты

от виброшума очень важно обеспечить непрерывность акустической изоляции и исключить «акустические мостики».



Шумозащита горелки



Посвящая себя будущему

testo 330 LL - графическая визуализация данных измерений:  
Анализ дымовых газов  
понятный с первого взгляда!



Товар сертифицирован

реклама

### Новинка

#### Газоанализатор Testo 330-2 LL

Цветной дисплей с высоким разрешением, помогает Вам анализировать работу котлов и горелок с помощью графической визуализации данных

Новое меню измерений с расширенными функциями анализа

Гарантия 4 года на прибор и сенсоры CO и O<sub>2</sub>, за исключением быстроизнашивающихся частей (фильтры)

Подробнее на [www.testo.ru/330LL](http://www.testo.ru/330LL)



Российское отделение testo AG: Тел.: (495) 221-62-13, факс: (495) 221-62-16;  
info@testo.ru; www.testo.ru

## Материалы и методы

Поглощение шума, передаваемого установками и трубами через пол и стены, обычно осуществляется с помощью антивибрационных подставок и прокладок. В применении к установкам малой и средней мощности речь идет об эластичных прокладках из стекловолокна или эластомеров, помещаемых в местах соприкосновений. Тем не менее, борьба с вибрационным шумом – очень сложная задача, которая должна решаться еще на стадии проектных решений.

На сегодняшний день самым эффективным методом изоляции ударного шума ( $L_{nw} = 60$  дБ) является устройство так называемого плавающего пола. Этот способ борьбы с вибрацией подразумевает наличие слоя упругого изоляционного материала толщиной 10–40 мм, на который укладывается армирующая сетка и наливается слой бетона или же кладется плита из гипса, асфальта и других подобных материалов толщиной 30–50 мм. Плита или стяжка, кроме того, должна быть отделена от стен помещения упругими прокладками для предотвращения образования «акустических мостиков».

Звукоизоляционные материалы, предназначенные для защиты от ударного шума, представляют собой пористые материалы с малым модулем упругости. Их способность изолировать от ударного шума обусловлена тем, что скорость распространения звука в них значительно меньше, чем в плотных материалах с высоким модулем упругости (к примеру, в железобетоне – 4100 м/с, а во вспененной резине – 30 м/с). Материал и толщина изолирующих материалов для применения в конструкциях плавающих полов подбираются на основании целого ряда характеристик. При этом должны учитываться такие параметры, как прочность на сжатие и малая степень деформации, поскольку в этих конструкциях материалы подвергаются повышенным статическим и динамическим нагрузкам (размещенное оборудование и передвигающийся персонал).

Обычно в качестве упругого слоя применяют жесткие волокнистые или вспененные материалы. Среди изоляции натурального происхождения традиционно выделяется пробковое покрытие. Но против других видов шума пробка, равно как и синтетические вспененные материалы (пенопласти и т.п.), неэффективна, поэтому в межэтажной шумозащите предпочтение отдается изделиям из каменной ваты. Помимо отличных звукоизоляционных характеристик в широком диапазоне частот, такие материалы обладают также низким коэффициентом теплопроводности и влагостойкостью. К тому же, в конструкциях плавающих полов, наряду с прочностными и акустическими характеристиками, имеют большое значение противопожарные качества материалов, используемых при отделке путей эвакуации (коридоров) высотных зданий. В этом отношении каменная вата практически не имеет альтернативы.

## Поглощение шума

Понятия звукоизоляции и поглощения шума часто путают между собой, хотя они имеют разную природу. Первая предотвращает передачу звуковой энергии, производимой источником шума, на различные расстояния (например, горелочное устройство когенерационной установки может быть помещено в звукоизолированный короб). Звукоиз-

золяция служебных помещений традиционно осуществляется с помощью «тяжелых» материалов: стенной кладки, стального листа, свинцовых пластин и пр. Избыточная звуковая энергия частично поглощается стенами (и переходит в тепловую), а частично отражается обратно в направлении источника шума. Давно замечено, что чем больше удельный вес стенной кладки, тем выше ее изоляционные качества.

Вместе с тем, «тяжелые» стены часто являются также «твёрдыми», то есть они хорошо отражают звуковую энергию. В некоторых условиях эти хорошие звукоизоляционные свойства могут вызывать нежелательный эффект. Например, при работе котлов, имеющих большой уровень шума, в помещениях с «твёрдыми» стенами (цемент, плитка и пр.) может возникать эффект резонанса звука. В результате показатели уровня шума в котельной значительно возрастают, намного превышая звуковое давление котельных установок, замеренное в обычных условиях работы. Чтобы их уменьшить, необходимо снизить долю отраженного звука от всех поверхностей (снизить время реверберации).

Самым распространенным решением для снижения уровня шума в котельных и генераторных комнатах является применение стенных и потолочных звукоизоляционных конструкций. В этом случае степень поглощения звука в помещении ( $A$ ), выражаемая в квадратных метрах, может быть определена следующей формулой:

$$A = \alpha \times S,$$

где  $\alpha$  – коэффициент поглощения звука материалом, а  $S$  – площадь поверхности ( $m^2$ ), выполненной из материала, погло-

Табл. Коэффициенты поглощения звука  $\alpha$  некоторых материалов

Тип материала	Частота волн источника шума, Гц						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Цемент	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Стальной лист	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07
Прокладка из стекловолокна толщиной 25 мм	0,02	0,03	0,22	0,69	0,91	0,96	0,99
Прокладка из стекловолокна толщиной 50 мм	0,18	0,22	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00
Пенопласт толщиной 70 мм: 20 мм основной слой, 50 мм пирамидальные выступы	–	0,18	0,30	0,45	0,48	0,50	0,58

щающего звука. Коэффициенты поглощения звука  $\alpha$  некоторых материалов приведены в таблице.

Для поглощения звука обычно используют пористые материалы (стекловолокно, минеральную вату, пенопласт с открытыми ячейками, пробку и пр.), которые хоть и не могут полностью поглотить звук, но заметно его уменьшают. Вспененные синтетические материалы (газонаполненный пластик, пенополиэстр, пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен и др.) из-за закрытой пористости и сравнительно высокого модуля упругости не являются хорошими звукоизолирующими. Волокнистые же материалы характеризуются открытой пористостью. Большая удельная поверхность, создаваемая стенками открытых пор, способствует поглощению звуковых волн в широком диапазоне частот за счет рассеивания и активного преобразования энергии звуковых колебаний в тепловую энергию вследствие потерь на трение между волокнами.

Существует сложная зависимость между звукоизолирующей способностью волокнистых материалов и их плотностью. Как утверждают специалисты, оптимальная плотность для волокнистых акустических материалов – около  $40 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Надо отметить, что все данные по звукоизоляционной способности конструкций в нормативных документах, например, СП 55-101-2000, и комплектных системах компаний-производителей

приведены для изоляции именно указанной плотности.

Исходя из этих соображений, для применения в составе облицовочных звукоизолирующих панелей и подвесных акустических потолков хорошо подходят легкие плиты из каменной ваты. В общем виде они представляют собой экран из звукоизолирующего материала (толщиной 50–100 мм), крепящийся на поверхности стены или потолка системой профилей. В акустической облицовке часто предусматривается воздушная прослойка между основанием и акустическим экраном (оптимальная ширина воздушного зазора составляет 40–50 мм), существенно повышающая поглощение шумов низких частот.

На акустические качества облицовки также сильно влияет ее фактура. Рыхлая и рельефная фактура (круглая или щелевая перфорация, борозды, трещины) создает условия для проникания звуковой волны в толщу материала. Использование облицовочных материалов со сложной фактурой позволяет увеличить звукоизолирующую способность конструкции на 20 % и более.

### Звукоизоляция

Изоляция шумных помещений достигается использованием многослойных перегородок. Иногда возникает необходимость создания вокруг установки защитного акустического барьера. С этой целью используют готовые панели, состоящие из стального листа и звукоизолирующих прокладок. Поверхность таких панелей, направленная на установку, имеет перфорацию, обеспечивающую поглощение шума, а обратная сторона сплошная, что позволяет предотвратить его дальнейшее распространение. Высота панелей обычно не допускает пря-



Шумоизоляция вентиляционных каналов



Рулонный звукоизоляционный материал для плавающих полов

мого оптического просматривания установки. Другой распространенный вариант – это каркасно-обшивная гипсокартонная перегородка. На стальной, алюминиевый или деревянный каркас с двух сторон крепятся листы гипсокартона, а пространство между ними заполняется плитами звукоизоляционного материала. Обычно это каменная вата плотностью 40 кг/м<sup>3</sup>, формостабильность которой является гарантией того, что в конструкции не появятся «акустические мостики».

Снижение уровня шума обычными однослойными стенами зависит в первую очередь от их поверхностной плотности (массы, приходящейся на 1 м<sup>2</sup> поверхности), а также модуля упругости материала ограждения. Для того чтобы обеспечить достаточную звукоизоляцию между помещениями здания с индексом R<sub>w</sub> = 52 дБ (I<sub>B</sub> = 50 дБ по СНиП 23-03-2003), стена из железобетона должна иметь толщину не менее 160 мм ( $m = 430 \text{ кг}/\text{м}^2$ ). Увеличение толщины железобетона в два раза дает звукоизоляционный эффект в 6 дБ. Поэтому при сооружении котельных и мини-ТЭЦ в зданиях гораздо предпочтительнее использование специальных многослойных стеновых конструкций, которые при значительно меньшей массе и толщине имеют практически одинаковый (а иногда и больший) индекс изоляции воздушного шума (R<sub>w</sub>). Так, каркасная перегородка из двух листов 12 мм гипсокартона, внутреннее пространство которой заполнено каменноватным материалом толщиной в 50 мм (общая толщина

конструкции – 85 мм), будет иметь R<sub>w</sub> около 42 дБ. Для сравнения, этот показатель для оштукатуренной стены в полкирпича (толщиной 150 мм) будет составлять 47 дБ. То есть даже такая легкая перегородка по шумопоглощению соизмерима с кирпичной стеной.

Для увеличения звуконепроницаемости перегородок используют более сложные конструкции с чередующимися слоями облицовочного и акустического материалов, а также воздушными промежутками. Это делается для

того, чтобы создать на пути распространения звука как можно больше перепадов плотностей, где происходит максимальное рассеивание звуковой волны.

### Энергетические установки и шумозащита

Снижение уровня шума от генераторных и котельных агрегатов достигается с помощью различных проектных и конструкционных решений. В элементах строительных конструкций, отделке котельных и внутренних помещений мини-ТЭЦ, даже в самом оборудовании предусматривается использование специальных акустических материалов, способствующих ослаблению звуковых колебаний. Кроме того, для снижения вибрации сооружений и конструкций технологическое оборудование с высо-

кими рабочими шумами и вибрациями, как правило, размещается на основаниях, не связанных с фундаментом. Так, на верхних этажах зданий вибрирующее оборудование мини-ТЭЦ устанавливается на многослойные виброгасящие подушки из плотных акустических материалов, которые значительно уменьшают передачу как акустических колебаний, так и низкочастотных вибраций на строительные конструкции.

Требования к акустической безопасности нередко вступают в противоречие с технологическими требованиями. В частности, такие источники шума как электродвигатели (в составе генераторов, насосов, вентиляторов и т.п.) зачастую нуждаются в доступе воздуха для охлаждения (если не предусмотрено другого типа охлаждения). Поэтому их не всегда возможно закрывать звукоизолирующими кожухами. В таких случаях приходится ограничиваться общими мероприятиями по защите от шума.

По большому счету, эффективность шумозащиты зависит от правильного выбора энергогенерирующей установки и горелочного устройства, то есть исходно оборудование должно иметь наименьшие показатели уровня шума. Тем не менее, большое значение имеет выбор места расположения установки в помещении котельной. Когда энергоблок монтируется вблизи одной, двух или трех отражающих плоскостей, необходимо учитывать так называемый «фактор направления» звука. В первом случае, когда агрегат располагается в центре помещения, произведенный шум распространяется по принципу полусферы. При отражении он возрастает на 3 дБ относительно показателей шума, замеренного в свободном пространстве. При размещении установки между двумя плоскостями (то есть у стены) шум распространяется в сегменте  $\frac{1}{4}$  сферы и, отражаясь, возрастает на 6 дБ. Самый критический случай размещения агрегата – в углу помещения, когда шум отражается от трех плоскостей. Распространяясь в сегменте  $\frac{1}{8}$  сферы, он отражается с увеличением на 9 дБ. Таким образом, целесообразно избегать углового расположения установки и размещать ее как можно дальше от стен.



Плиточный волокнистый звукотеплоизоляционный материал

# Жидкое топливо из угля и сланцев

М. Петров, к.х.н.

Относительно высокое содержание балластных веществ создает серьезные сложности при сжигании твердых топлив, главная из которых заключается в высоком уровне выбросов – газообразных и твердых (зола). Не меньшие сложности связаны также с автоматизацией процесса сжигания. Один из возможных путей выхода из данной ситуации – переработка твердых топлив с целью получения более удобных для сжигания и характеризующихся более высокой удельной теплотой сгорания жидких или газообразных энергоносителей. В частности, большое внимание уделяется химической переработке углей и горючих сланцев в жидкие виды топлива.

**С**интез жидкого топлива из углей и сланцев подразумевает непростые химические процессы, поскольку эти вещества обладают сложным компонентным составом, надмолекулярным и молекулярным строением. Так, молекулярная структура углей представляет собой ассоциированный мультимер, состоящий из отдельных блоков – олигомеров, структурированных в массе. Они, в свою очередь, состоят из макромолекул, которые включают атомы углерода и водорода, а также некоторые гетероатомы – кислород, азот и серу. Внутри блоков макромолекулы связаны между собой метиленовыми мостиками или мостиками с участием гетероатомов.

## Термическая переработка углей и сланцев

Один из методов переработки углей и горючих сланцев заключается в их термической обработке с образованием кокса или полуоксида и газообразных продуктов. Кокс представляет собой твердое пористое вещество серебристого цвета, состоящее больше чем на 96 % из углерода. Его получают при коксации каменного угля, прогревая без доступа воздуха при температурах 950–1050 °C в течение долгого времени (около 14 ч). Этим методом перерабатывается примерно 10 % всего добываемого каменного угля на планете.

При нагреве каменный уголь претерпевает ряд изменений. Так, при нагреве до 250 °C происходит испарение влаги, затем происходит выделение диоксида и оксида углерода. При дальнейшем повышении температуры (до 350 °C) происходит размягчение твердых остатков, а спекаемая

масса сначала переходит в размягченное, а затем в пластическое состояние. При этой температуре из спекаемой массы выделяются в парообразном состоянии низкокипящие углеводороды, азотистые и фосфористые соединения. При дальнейшем нагреве – вплоть около 500 °C – тягучий остаток спекаемого угля образует полуокс. В ходе повышения температуры до 700 °C и выше из полуоксида удаляются остатки газообразных веществ, основу которых составляет водород, и полуокс переходит в кокс.

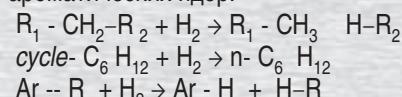
Помимо кокса собираются побочные продукты – коксовый газ и каменноугольная и сланцевая смолы. После охлаждения и промывки водой эти побочные продукты становятся сырьем для производства жидкого топлива. Выход смолы из каменного угля составляет 10–20 % от массы исходного сырья, а при переработке сланцев – 6–22 %. Смола в основном содержит ароматические углеводороды, такие как бензол и толуол. Из нее путем фракционирования методом ректификации получают

гомологи бензола и фенола, нафталин, антрацен фенантрен и угольные масла.

## Синтез жидкого топлива

Для получения жидкого синтетического топлива собранные смеси масел подвергают деструктивной гидрогенизации. Сущность этого метода заключается в том, что смеси веществ, обедненных водородом, подвергают каталитическому гидрированию с одновременным расщеплением на более короткие осколки. Процесс обычно проводят при температурах от 400 до 560 °C и давлении водорода от 200 до 700 атм. В этих условиях основными реакциями являются процессы гидрирования, сопровождающиеся расщеплением главной цепи. В результате образуются продукты более легкие, чем исходное сырье, и с большим содержанием водорода. Процесс гидрокрекинга эффективно протекает при действии катализаторов на основе переходных металлов.

Все процессы расщепления компонентов можно разделить на следующие группы: расщепление фрагментов, имеющих функциональные группы с гетероатомом, разрушение сконденсированных ядер, ликвидация ненасыщенности и ароматичности, а также укорачивание главной цепи. Последняя группа, в свою очередь, делится на следующие подвиды: расщепление алифатической цепи, расщепление алифатических циклических соединений и отщепление боковых заместителей от ароматических ядер:



Каменный уголь

Эти реакции часто протекают при снижении средней молекулярной массы фракций смол и при повышении выхода светлых фракций жидкого топлива.

### Оживление каменных и бурых углей

Другим путем переработки углей является их оживление, то есть превращение всей массы твердого топлива в жидкость или газ. Для его осуществления в большинстве случаев применяют бурые угли и каменные угли с содержанием минеральных веществ менее 5–6 %. В случае использования углей с большим содержанием минеральных веществ их необходимо предварительно подвергать обогащению. Обычно для гидрогенизации применяют угли, у которых доля веществ содержащих углерод составляет 70–85 %.

Осуществляется этот процесс также в две стадии: сначала производят оживление, а затем облагораживание топлива. Оживление производится при высоких давлениях в пределах от 100 до 700 атм. Это требует специального оборудования, а также высоких капитальных затрат при организации данного производства. Однако при этом методе наблюдается наибольший выход полупродуктов для выпуска жидкого синтетического топлива, который может составлять 53–65 %.

Процесс гидрогенизации углей протекает следующим образом. Сначала уголь измельчают до частиц с размерами около 0,01 мм. Лучше всего измельчение происходит при использовании дезинтегратора или при вибропомоле. В этих случаях удельная поверхность угля возрастает до 30 раз. Такая механическая обработка приводит к мезохимической активации поверхности углей, что улучшает значительным образом последующее гидрирование. Помимо этого необходима сушка измельченной массы, которая удаляет из пор влагу, препятствующую дальнейшей обработке. Часто процесс измельчения и сушки угля совмещают. Сушат угли обычно до остаточной влажности менее 1,5 %. Для сушки используют трубчатые сушилки и вихревые камеры, в которых для обогрева используются топочные горячие газы с содержанием кислорода не более 0,1–0,2 % и температурой в не выше 150–200 °C. При более высоком

содержании кислорода в топочных газах или при более высокой температуре возможно либо окисление углей, либо снижение их реакционной способности при гидрировании.

Затем на поверхность подготовленных углей наносят катализатор. Применяют катализаторы различной активности. Максимальной каталитической активностью обладают соединения молибдена, вольфрама и олова. Их высокая активность выражается в том, что применение этих катализаторов позволяет проводить эффективно процесс гидрирования при давлении водорода в интервале от 100 до 140 атм. Однако такие катализаторы достаточно дороги, и их трудно регенерировать после завершения процесса для повторного использования. Поэтому часто применяют более дешевые катализаторы, которые обладают значительно меньшей активностью и их не надо восстанавливать после процесса, потому что их просто выкидывают. Одним из таких катализаторов на основе соединений железа является так называемый красный шлам (отход при получении оксида алюминия из бокситов). При его использовании процесс гидрирования протекает при более высоких давлениях – в диапазоне от 300 до 700 атм. Катализатор наносится на поверхность измельченного и высушенного твердого топлива, а затем смешивается с пастообразователем (кипящие масла, которые могут поглощать выделяющиеся парообразные продукты гидрирования углей и сланцев).

Полученную пасту нагревают в трубчатых печах вместе со смесью газов, содержащих 80–85 % водорода, а затем направляют в реактор на гидрогенизацию в цилиндрические пустотельные реакторы. В результате протекания гидрирования происходит образование парогазовой смеси и тяжелый остаток, который является шламом. Парогазовая смесь содержит пары воды, амиак, сероводород, предельные углеводороды с числом атомов углерода от одного до четырех, а также различные гетеро- и полициклические ароматические соединения, более тяжелые предельные углеводороды, нафтены, фенолы и пиридиновые основания. Парогазовую смесь охлаждают, газообразные продукты вместе с водородом возвращают в зону реак-

ции, а жидкую смесь подвергают фракционированию методом дистилляции. При перегонке удаляют воду, а фракцию с температурой кипения до 325–400 °C собирают и направляют на дальнейшую обработку. Полученный кубовый остаток используется для приготовления пасты.

На следующей стадии фракция с температурой кипения до 325–400 °C подвергается облагораживанию путем дополнительного гидрирования при давлении 100–300 атм и температуре 360–400 °C в присутствии алюминий-никель-молибденового катализатора. В результате этого происходит расщепле-



Горючие сланцы

ние углеводородов сложного строения до компонентов жидкого топлива. Выход жидкого топлива при таком процессе составляет 43–54 %.

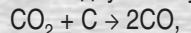
### Газификация углей для получения синтез-газа

Третий распространенный путь основан на получении из углей сначала синтез-газа, который затем превращают в жидкое топливо. Необходимо отметить, что этот путь уступает прямой гидрогенизации углей по величине выхода жидкого топлива, но позволяет получать продукты, находящие применение во многих отраслях промышленности.

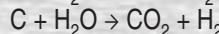
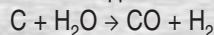
Основными методами осуществления газификации является ее проведение в газогенераторах или в угольных пластах, расположенных под землей.

Газогенераторы представляют собой вертикальную шахту из листовой стали с футеровкой. В верхней части этого аппарата имеется колосниковая решетка, на которую поступает уголь. Также в верхнюю часть вводится газифицирующий

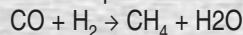
агент. В нижней части происходит горение твердого топлива. В аппарате, помимо процессов горения, происходит восстановление двуокиси углерода:



и взаимодействие углерода с водой:



Среди побочных процессов можно отметить образование метана:



Лимитирующая стадия процесса газификации зависит от температуры проведения процесса. Так, при температуре 700–800 °C процесс газификации тормозится преимущественно химической реакцией, протекающей на поверхности твердого топлива. При температурах выше 900 °C лимитирующей стадией является диффузия газифицирующего агента. Процессы газификации ускоряются также при увеличении скорости дутья, концентрации кислорода в дутье или развитии реакционной поверхности.

При подземной газификации углей в пласте угля или сланца прорубается канал, в котором под действием высокой температуры (от 1000 до 2000 °C), водяного пара и кислорода воздуха образуется также синтез-газ, собирающийся при выходе из скважины. При подземной газификации идут те же процессы, что и в обычных газификаторах, но имеются и свои особенности. Во-первых, участвуют подземные воды и влага горных пород. Во-вторых, по мере выработки горных пород требуется переход к новому каналу в пласте полезного ископаемого.

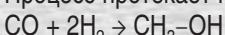
В результате газификации образуется газ, содержащий в основном около 50–60 % азота, 8–18 % двуокиси углерода, от 5 до 20 % окси углерода и 10–17 % водорода, а также от 1 до 4 % метана. В качестве примесей в этом газе содержатся кислород, углеводороды и сероводород. Однако концентрация каждого из этих компонентов невелика и составляет около десятых долей процента. Присутствие в получаемом газе сероводорода и двуокиси углерода нежелательно при дальнейшем использовании, поэтому их удаляют.

Полученную газовую смесь называют синтез-газ, целевыми компонентами кото-

рого являются окись углерода и водород. Синтез-газ применяется для производства жидкого синтетического топлива. Этот процесс может осуществляться двумя путями: первый через синтез метилового спирта, а второй заключается в непосредственном синтезе жидкого топлива по методу Фишера-Тропша.

Получение метанола из синтез-газа протекает при температуре 250 °C и давлении 70 атм в присутствии катализатора, состоящего из смеси оксида цинка и оксида хрома.

Процесс протекает по реакции



В настоящее время некоторыми специалистами рассматривается возможность использования непосредственно метанола в качестве альтернативного вида жидкого топлива. Ведь метиловый спирт по таким показателям, как теплота сгорания (табл.) и октановое число (92), приближается к распространенным видам жидкого топлива. Однако высокие гидрофильность метанола, а также токсичность и агрессивность по отношению к некоторым материалам в сочетании с невысокой теплоемкостью, ограничивают его применение.

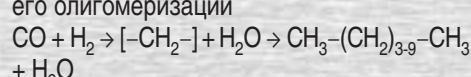
Из-за отмеченных недостатков метиловый спирт перерабатывают в углеводороды, соответствующие жидкому топливу. Синтез проводят при температуре 350–400 °C, давлении 15 атм в присутствии катализаторов, которыми являются высококремнеземные цеолиты. В результате протекающих процессов образуются углеводороды насыщенного

строения с числом атомов углерода в молекуле от 5 до 11.

Процесс образования углеводородов из метанола протекает через стадии образования диметилового эфира и этилена, поэтому некоторые специалисты считают целесообразным получение в виде товарной продукции диметилового эфира, который может в дальнейшем использоваться в качестве сырья для производства синтетического жидкого топлива.

Состав углеводородов, производимых синтетическим путем, соответствует бензиновой фракции, получаемой при перегонке нефти. Синтетический бензин имеет октановое число 92–95 и обладает более высоким качеством по сравнению с бензином, получаемым по методу Фишера-Тропша.

Метод Фишера-Тропша заключается в одностадийном превращении синтез-газа в предельные углеводороды путем восстановления монооксида углерода до метиленового фрагмента и последующей его олигомеризации



Обычно катализатором данного процесса являются металлы из VIII группы элементов. Наибольшей активностью среди этих элементов обладают соединения на основе рутения, кобальта, железа и никеля. В зависимости от применяемых катализаторов давление, при котором проводится процесс, может меняться от 1 до 30 атм. Также, исходя из природы катализатора, в широком интервале от 190 до 350 °C может меняться и температура проведения реакции.

Таблица. Удельная теплота сгорания некоторых топлив

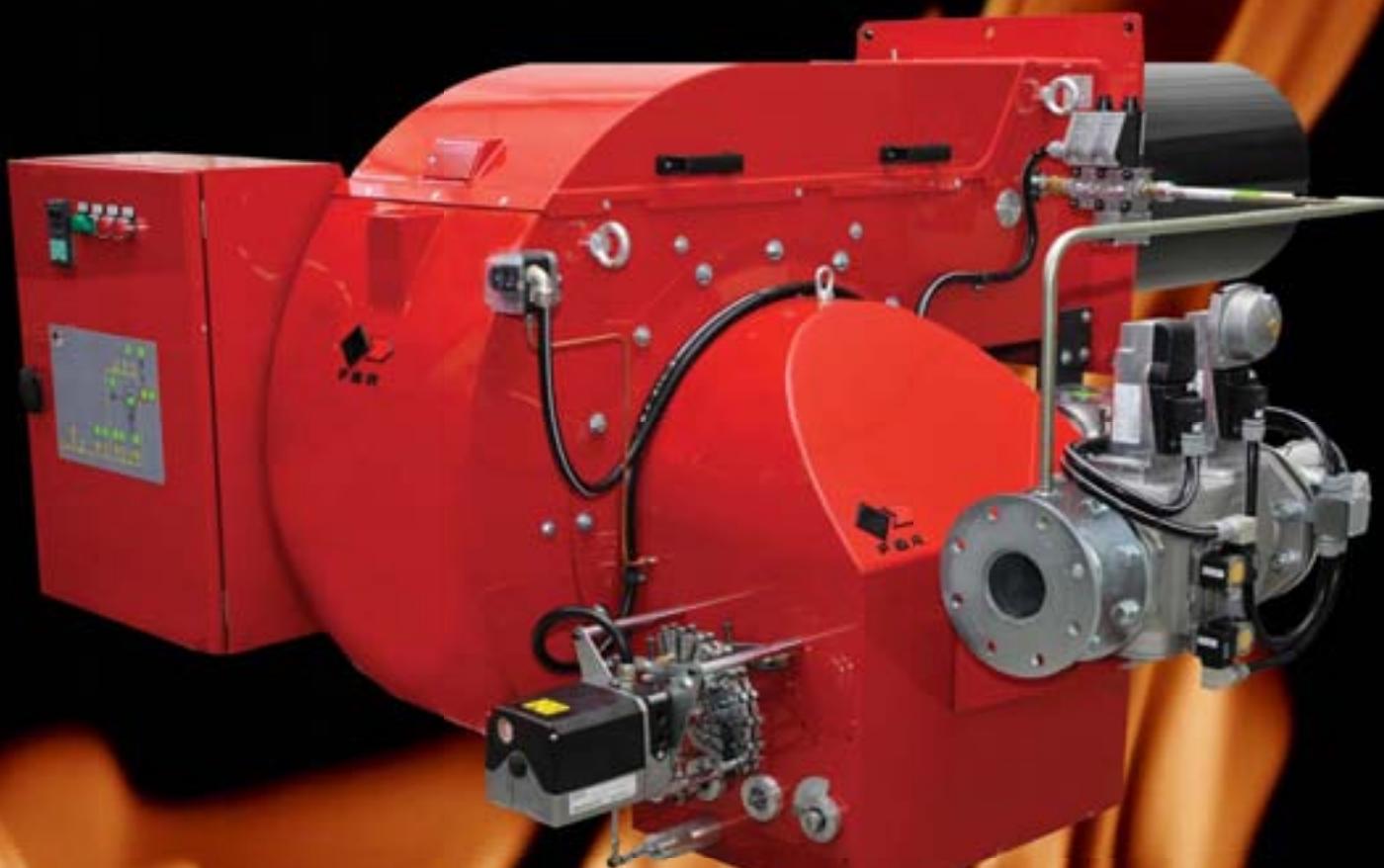
Топливо	Удельная теплота сгорания, МДж/кг
Дрова (березовые, сосновые)	10,2
Уголь бурый	15,0
Метанол	22,7
Уголь каменный	29,3
Условное топливо (антрацит)	29,31
Уголь древесный	31,0
Мазут	39,2
Нефть	41,0
Дизельное топливо	42,7
Керосин	43,0
Бензин	44,0



*Мыносим тепло!*

Горелки: газовые, дизельные,  
мазутные, газо-дизельные,  
газо-мазутные.

Мощностью от 23,7 кВт до 50 МВт  
Моноблочные и двухблочные



Официальный партнер компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. в России:  
ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»

143400, Московская область, г. Красногорск, ул. Успенская д.3,  
офис 304

Тел/факс.: +7 (495) 9806177

E-mail: energogaz@energogaz.su

[www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)

**ЭнергоГаз**  
инжиниринг



Рост тарифов на электроэнергию и транспорт, увеличение стоимости природного газа и дизельного топлива заставляет предприятия искать пути снижения затрат. Одним из путей повышения рентабельности производства может стать выработка собственной электрической и тепловой энергии с использованием местных топлив и отходов производства.

## Мини-ТЭЦ на том, что есть под рукой

Г. Югай

При использовании местных видов топлив (в том числе и низкосортных) собственная мини-ТЭЦ позволяет снизить зависимость от поставщиков энергии и общие эксплуатационные расходы за счет использования более дешевой электро- и тепловой энергии. Строительство мини-ТЭЦ, работающей на отходах производства дополнительно к указанному преимуществу исключает затраты на вывоз отходов. В этом случае снижается также нагрузка на окружающую среду, поскольку сжигание отходов с помощью высокотехнологичного оборудования экологически безопаснее их захоронения. У многих отечественных предприятий зачастую отсутствует четко наложенная система сбора и вывоза производственных отходов, и происходит неконтролируемое «зарастание» территорий, которые могли бы найти лучшее коммерческое применение (например, в качестве площадок для строительства дополнительных цехов, которые можно сдавать в аренду).

Реконструкция уже работающих котельных с запуском мини-ТЭЦ также поможет не только повысить энергетическую автономию предприятия, но и позволит сэкономить значительные денежные средства в ближайшем будущем. Как известно, в Минприроде России разрабатывается пакет экологических законопроектов, предусматривающих увеличение

штрафов для предприятий за выбросы вредных веществ. Уже в 2012 г. планируется увеличение платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2,3 раза и в 2016 г. – в 3,4 раза.

### Заказы на мини-ТЭЦ

Как следует из сказанного выше, наибольшую выгоду строительство мини-ТЭЦ, работающей на твердом топливе, сулит предприятиям отраслей, где образуется значительное количество отходов органической природы, или предприятиям угольной отрасли. Так, для предприятий лесопереработки остро стоит проблема утилизации древесной коры, стружки, щепы и сучьев, для предприятий зернопереработки – лузги подсолнечника, гречихи, проса и т.д., для предприятий угольной промышленности – угольного шлама, отсева. Перспективы от использования этих отходов осознаются как рядом производителей энергетического оборудования, так и многими возможными потребите-



лями. Так, начиная с 1998 г., ЗАО «Бийск-Энергомаш» выполнил десятки рабочих проектов, технико-экономических обоснований строительства мини-ТЭЦ на мазуте, угле и растительных отходах.

Большинство таких проектов предусматривают либо поставку нового котельного оборудования, рассчитанного на сжигание низкосортного топлива, либо реконструкцию котельной с разработкой нового котельного оборудования для тех же целей, а также поставку необходимых для производства электроэнергии противодавленческих турбин или турбогенераторов.

Решение задач по строительству мини-ТЭЦ привело к созданию на предприятии проектного подразделения, силами которого были выполнены все проекты; конструкторского подразделения, которое разработало паровые котлы с топками низко- и высокотемпературного кипящего слоя для сжигания низкосортных углей, котлов с вихревой топкой для сжигания растительных отходов, топки, питатели, транспортеры и многое другое.

Калужский турбинный завод по техническому заданию разработал три новых типоразмера конденсационных турбин с регулируемым отбором: мощностью 2,4 и 8 МВт.

## Реализация проектов

Вот несколько примеров выполненных разработок.

На предприятии ЗАО «Центральная обогатительная фабрика «Сибирь» (г. Мыски) строительство мини-ТЭЦ на отходах углеобогащения потребовало поставок пяти котлов KE 25-24-350 с топками ВТКС и двух конденсационных турбин П-8-2,2/0,7. Для этого генеральным проек-

тировщиком был разработан котел с топкой высокотемпературного кипящего слоя для сжигания отсева и угольного шлама. Совместно с институтом теплофизики СО АН РФ была проведена работа по математическому моделированию внутритопочной циркуляции частиц топлива и золы, что позволило снизить унос и улучшить выгорание. Калужский турбинный завод спроектировал турбину 8 МВт на базе П-6.

Для администрации Корякского автономного округа в поселке городского типа Палана была произведена реконструкция котельной «Центральная», оснащенной тремя котлами KE 10-14С с топками ТЛЗМ, которые работали на привозном сахалинском каменном угле, с заменой на котлы Е20-24-350 с топкой НТКС с целью сжигания местного низкосортного угля. Для выработки электроэнергии были поставлены два турбогенератора П-2-2,4/0,5. Генеральным проектировщиком был разработан новый котел производительностью 20 т/ч с топкой низкотемпературного кипящего слоя в габаритах котла KE 10 (в связи с необходимостью увеличить мощность без переделки котельного зала). Калужский турбинный завод разработал турбогенератор 2 МВт на базе П-1,5.

Для ООО «Астон» (г. Морозовск) разработан проект мини-ТЭЦ на лузге подсолнечника, включающий установку двух котлов Е 25-16-250ДТ производства ОАО «Белэнергомаш» и двух конденсационных турбин К 6-1,6У. Объект находится в стадии запуска в эксплуатацию.

Для ЗАО «Колос» (Харьков, Украина) выполнены работы по проектированию мини-ТЭЦ на лузге подсолнечника, разработан и поставлен котел Е 18-21-330ГДВ с вихревой топкой для сжигания лузги подсолнечника, а также противодавленческая турбина Р1,5-2,1/0,3.

В некоторых случаях использование местных видов топлива или производственных отходов оказывается выгоднее, чем выработка тепловой и электрической энергии



с помощью оборудования, работающего на магистральном газе. Так, для ООО «Украинская Черноморская Индустрия» в г. Ильичевске (Украина) была спроектирована и запущена в эксплуатацию мини-ТЭЦ на лузге подсолнечника (три котла Е 18-21-330ГДВ и два турбогенератора П.2-2,4/0,5). В ходе реализации контракта из-за недальновидности менеджмента компании-заказчика, мини-ТЭЦ была перепроектирована в котельную, котлы переоборудованы на сжигание природного газа, цена которого в тот момент в Украине составляла 90 долл. за 1000 м<sup>3</sup>, а в 2011 г. цена за газ поднялась до 300 долл. за 1000 м<sup>3</sup>. Пришлось заказчику вернуться к сжиганию лузги подсолнечника.



Необходимым условием успешной реализации строительства мини-ТЭЦ является наличие частного инвестора, который понимает инвестиционную привлекательность и прилагает все усилия для запуска объекта в эксплуатацию.





Одно из преимуществ теплонасосных установок (ТНУ) – возможность выбора низкопотенциального источника тепла в соответствии с природными и климатическими условиями на территории монтажа и эксплуатации. При этом выбор низкопотенциальных источников тепла широк, как и возможности использования ТНУ для автономного теплоснабжения.

## Потенциал теплового насоса

А. Губин

С помощью ТНУ на нужды теплоснабжения может использоваться тепло почвенного грунта, геотермальных источников, грунтовых и почвенных вод, тепло аккумулированное скальными породами, тепло открытых водоемов, атмосферного воздуха, промышленных вод, вентиляционного воздуха и др. В зарубежной практике развитых стран реализованы практически все из перечисленных вариантов.

### Обоснование целесообразности

Как известно, такое внимание к тепловым насосам основано на их принципиальных преимуществах, среди которых, кроме широких возможностей по выбору источников тепла, следует отметить:

1) экономичность (тепловой насос позволяет получать на 1 кВт·ч электрической энергии, затраченной на работу компрессоров и циркуляционных насосов установки, 3–7 кВт·ч тепловой энергии или 12–25 кВт мощности по охлаждению на выходе);

2) экологическая чистота (отсутствуют выбросы вредных веществ в окружающую среду непосредственно при эксплуатации);

3) безопасность (процесс работы не предусматривает сжигания топлива, поэтому тепловой насос взрыво- и пожаробезопасен);

4) простота обслуживания;

5) возможность дистанционного управления (через Интернет или по телефонной линии);

6) многофункциональность (один модуль способен осуществлять обогрев и охлаждение помещения, нагрев санитарной воды);

7) комфортность эксплуатации (тепловой насос работает устойчиво, обеспечивая минимальные колебания температуры и влажности в помещении; при этом отсутствует шум);

8) низкие эксплуатационные затраты (нет необходимости в закупке, транспортировке, хранении топлива и расходе денежных средств, с этим связанных);

9) установка тепловых насосов не требует согласований с надзорными органами.

В России тепловые насосы по ряду причин еще не получили столь широкого распространения. Основная же причина



Рис. 1. Энергосберегающий дом:

1 – геотермальный зонд; 2 – тепловой насос; 3 – теплообменник; 4 – солнечный коллектор; 5 – бак-аккумулятор; 6 – солнечные батареи; 7 – преобразователь переменного тока в постоянный; 8 – счетчик; 9 – подключение к дому; 10 – теплый пол; 11 – теплая стена; 12 – отопительный радиатор; 13 – горизонтальный грунтовый теплообменник; 14 – эффективная теплоизоляция кровли; 15 – стены из массивного или деревоклееного бруса; 16 – окна с энергосберегающими пакетами; 17 – энергосберегающее освещение.

– высокая стоимость оборудования ТНУ и установочных работ. Окупаемость ТНУ при этом составляет 4–9 лет. Однако сегодня на отечественном рынке работает целый ряд зарубежных и российских компаний, продвигающих указанный тип оборудования. По мнению специалистов, одним из наиболее перспективных направлений использования тепловых насосов в отечественном теплоснабжении может стать их комплексное применение в сочетании с другими генераторами тепла и установками, преобразующими энергию (ВИЭ).

Предлагаются проекты коттеджей (так называемый энергосберегающий дом), где все энергоснабжение осуществляется от ВИЭ (рис. 1). Электроснабжение

такого дома обеспечивается солнечными батареями, а теплом он снабжается от солнечных коллекторов и теплового насоса с контурами геотермального зонда и почвенного коллектора.

Широкие возможности теплового насоса в использовании самых разных низкопотенциальных источников тепла позволяют создавать оригинальные эффективные решения по обеспечению теплоснабжения самых различных проектов с максимальным энергосберегающим эффектом и минимальным воздействием на экологию окружающей среды. Ярким примером такого решения может служить проект строительства монолитного спортивного комплекса, который предполагается разместить в

поселке «Рыбаки» Дмитровского района Московской области.

Спортивный комплекс (рис. 2) общей площадью 2384 м<sup>2</sup> (площадь застройки – 1785 м<sup>2</sup>) объединяет в себе стадион с ледовой ареной и бассейн размерами 12,5×25 м на 4 плавательные дорожки. На первом этаже основного корпуса, кроме бассейна, планируется также разместить: холл, гардеробную, регистратуру, кассы, комнату охраны, мужскую и женскую раздевалки, душевые, санузлы, котельную, помещение водоподготовки и тренерскую. На втором этаже: административные помещения, буфет, трибуны, санузлы, приточную и вытяжную вентиляционные камеры.

Инженерные системы здания включают водопровод, канализацию, отопление, вентиляцию, кондиционирование, водоочистное оборудование, котельное оборудование.

ТНУ отводится роль как в обеспечении теплоснабжения, так и поддержании рабочей температуры ледового покрытия катка.

### Теплоснабжение с охлаждением

Концепция данного проекта включает в себя многофункциональность и универсальность спортивного комплекса с учетом внедрения энергосберегающих технологий в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Климатические условия большинства регионов РФ позволяют использовать открытые ледовые катки для занятий зимними видами спорта относительно непродолжительный период времени. В остальное время года занятия зимними видами спорта доступны только в закрытых сооружениях с использованием холодильных установок, что приводит к неоправданно большому расходованию энергоносителей и увеличению капитальных затрат при строительстве данных сооружений. Произведенный тепловой расчет показывает, что при теплосъеме с поверхности ледового катка 60–120 Вт/м<sup>2</sup> появляется возможность продлить эксплуатацию катка на 4–6 месяцев в году. Данный теплосъем возможно осуществить холодильными машинами или тепловыми насосами. Наилучший результат достига-

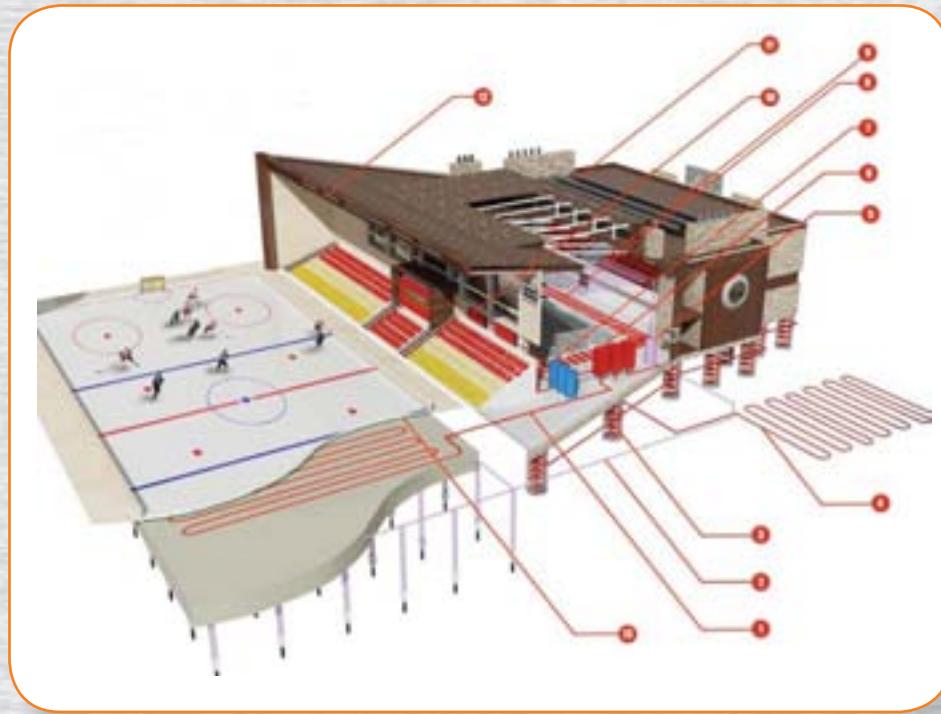


Рис. 2. Принципиальная схема теплоснабжения спорткомплекса с использованием энергии ВИЭ:  
 1 – горизонтальный коллектор съема тепла с ледового поля; 2 – геотермальные зонды;  
 3 – контур теплосъема с геотермальных свай; 4 – горизонтальный коллектор ниже уровня  
 промерзания грунта; 5 – теплообменник системы кондиционирования; 6 – тепловые насосы;  
 7 – буферные баки; 8 – теплые полы; 9 – охлаждаемый потолок; 10 – радиаторы отопления;  
 11 – солнечные коллекторы; 12 – прожекторы; 13 – теплосберегающий слой

ется последовательным использованием вышеуказанных агрегатов. В этом случае холодильные машины остужают ледовое поле до  $-8\text{--}12$  °C, а тепловые насосы преобразуют низкопотенциальное тепло холодильных машин в теплоноситель с температурой  $+55\text{--}65$  °C, который можно применять для производства горячей воды и отопления различных помещений. Этот метод многократно использовался во всем мире. При этом ледовые катки функционируют в любое время года и при любых температурах окружающей среды. Есть только один отрицательный показатель данной технологии – это высокие капитальные затраты.

Для удешевления строительства указанного выше спорткомплекса принята идея использования для теплосъема только тепловых насосов.

Так как в первичном контуре теплового насоса применяется жидкий теплоноситель, то можно добиться минимальной температуры охлаждаемой поверхности

в пределах от  $-5$  до  $-6$  °C. При этом температура окружающей среды не должна превышать  $+12\text{--}14$  °C, что позволит использовать ледовые катки в большинстве регионов с октября по апрель.

При охлаждении стандартного ледового поля тепловыми насосами высвобождается до 150–300 кВт·ч среднепотенциальной тепловой энергии, которую можно использовать для обогрева плавательного бассейна. Этот источник позволяет закрыть до половины потребности бассейна в тепловой энергии.

Проект предусматривает функционирование тепловых насосов для обеспечения нужд теплоснабжения и горячего водоснабжения спорткомплекса в сочетании с работой котельной. Однако в случае дефицита топлива для тепловой энергии в конкретном регионе возможно использование тепловых насосов как единственного источника теплоснабжения спортивного комплекса. Естественно, обеспечить теплоснабжение спорткомплекса ТНУ

сможет, преобразовывая теплоту, снимаемую не только контуром ледового поля, но также контурами почвенного коллектора, геотермальных зондов и геотермальных свай, являющихся частью фундамента здания. Все это предусматривается проектом.

Кроме приведенных выше обоснований целесообразности применения ТНУ при строительстве спорткомплекса, существует еще несколько факторов, обуславливающих перспективность применения данной технологии в этом конкретном случае:

1. Взрыво-, пожаробезопасность системы на тепловых насосах, обеспечивающей теплоснабжение объекта социального назначения.

2. Отсутствие вреда экологии при работе тепловых насосов.

3. Экономическая эффективность эксплуатации (при условии применения многотарифного учета электроэнергии затраты на отопление с помощью тепловых насосов в два с лишним раза меньше затрат при использовании природного газа).

Согласно принятому на заседании правительства 23.09.2009 г. «Прогнозу социально-экономического развития РФ на 2010 г. и период до 2012 г.», к 2012 г. даже при отсутствии многотарифного учета электроэнергии затраты с использованием тепловых насосов будут ниже затрат с использованием газа, а при многотарифном учете – более чем в четыре раза.

В зависимости от региона строительства возможно использование дополнительного оборудования для повышения энергоэффективности данного проекта.

### Пожаробезопасная автономия

Не менее актуальным выглядит использование тепловых насосов на автозаправочных станциях (АЗС), удаленных от населенных пунктов. АЗС относятся к особо пожароопасным объектам, на которых отопление с помощью теплогенераторов, где происходит процесс горения, запрещено. В большинстве случаев автономное отопление можно обеспечить только электричеством, что не всегда легко осуществить при расположении АЗС вне населенных пунктов. Опираясь на зарубежный опыт,

при строительстве новых и реконструкции существующих АЗС имеется возможность заложить в проект технические решения, позволяющие в дальнейшем кардинально снизить эксплуатационные расходы. В частности, существенной экономии можно достичь, используя для отопления тепловой насос (рис. 3).

При отоплении электричеством для получения 1 кВт·ч тепловой энергии затрачивается до 1,1 кВт·ч электрической. В случае применения системы тепловых насосов для получения 1 кВт·ч тепловой энергии затрачивается 0,2–0,25 кВт·ч электрической.

При средней площади помещений АЗС 100 м<sup>2</sup> за отопительный период расходуется около 50 000 кВт·ч тепловой энергии. При среднем тарифе на электроэнергию стоимость отопления будет равна 165 000 руб./год. При отоплении тепловыми насосами затраты на отопление составят 33 500 руб./год. Экономия, таким обра-

зом, – около 130 000 руб./год. Капитальные затраты на систему тепловых насосов составляют примерно 750 000–850 000 руб. С учетом уменьшения выделенной мощности электроэнергии приведенное удороожание на установку тепловых насосов составит 450 000–500 000 руб., что окупится при текущих энерготарифах за три–четыре года. Срок службы теплового насоса – 25 лет. Соответственно в течение последующих 20–22 лет стоимость теплоснабжения будет обходиться в четыре–пять раз дешевле, чем при отоплении электричеством.

Предельная температура подачи воды в системах тепловых насосов для стандартных моделей составляет 60 °C, но для отдельных разработок максимальная температура подачи составляет 75 °C.

При многотарифном учете электроэнергии применение тепловых насосов может сократить эксплуатационные

расходы в четыре раза, а применение первичного контура тепловых насосов позволяет оборудовать помещение фактически бесплатным кондиционированием.

Кроме того, температура земли на глубине ниже 20 м практически постоянна (порядка 5 °C), поэтому с помощью погружных геотермальных зондов тепловой насос будет собирать низкотемпературное тепло с эффективностью, которая не зависит от времени года и географии региона.

Некоторый опыт обеспечения теплоснабжения на АЗС с помощью теплового насоса есть и в России. Например, осенью 2010 г. смонтирован и введен в эксплуатацию тепловой насос Stiebel Eltron WPF 32 Set на автозаправочном комплексе ООО «ЛУКОЙЛ-Волганефтепродукт» в Нижегородской области. Установка теплового насоса на данном комплексе была включена в «Программу энергосбережения организаций Группы «ЛУКОЙЛ» на 2010 год». Тепловой пункт на указанной АЗС состоит из каскадной теплонасосной установки «солевой раствор – вода» WPF 32 Set, буферного накопителя SBP 700 E, водонагревательной ёмкости SBB 501 и дополнительного инженерного оборудования. Его предназначение – обеспечение отопления, ГВС и охлаждения помещения операторной торгового зала. Источником тепла для теплового насоса служит горизонтальный коллектор, состоящий из 20 петель ПНД-трубы по 100 м, уложенных на глубине 2 м. Площадь коллектора составляет 1300 м<sup>2</sup>. Для режима кондиционирования был выбран пассивный режим, то есть избыточное тепло из помещений сбрасывается непосредственно в грунтовый коллектор. В пассивном режиме не задействован компрессор теплового насоса и единственный потребитель энергии в данном случае – циркуляционный насос солевого раствора.

Эксплуатационные расходы на отопление в случае применения теплового насоса уменьшаются в четыре–пять раз. По предварительным оценкам, срок окупаемости теплонасосной установки Stiebel Eltron, установленной на данном объекте, составит 5 лет.



Рис. 3. Принципиальная схема теплоснабжения АЗС с помощью теплового насоса:  
1 – блок управления; 2 – бак-аккумулятор; 3 – тепловой насос; 4 – геотермальный зонд;  
5 – теплый пол; 6 – горизонтальный грунтовый теплообменник; 7 – солнечный коллектор;  
8 – охлаждаемый потолок

# Пеллетные котлы (свыше 0,1 МВт) на российском рынке

Сегодня на российский рынок пеллетные котлы поставляются многими зарубежными производителями, среди которых и такие мировые лидеры котлостроения, как Vaillant и Viessmann. Однако большинство из представленных на рынке бытовых моделей характеризуются мощностью до 100 кВт. В то же время модели средней и большой мощности интересны с той точки зрения, что именно на них преимущества пеллетных котлов проявляются в большей степени. В данный обзор включены котлы, работающие на пеллетном топливе, мощностью выше 0,1 МВт.

## D' Alessandro

Компания D' Alessandro (Италия) поставляет на российский рынок стальные водогрейные пеллетные котлы типа «Марина» с трехходовым теплообменником. Серия котлов CS 130–2000 объединяет 12 моделей средней и большой мощности от 0,13 до 2,0 МВт. Котлы оснащены чугунной горелкой с механической системой подачи топлива. Автоматическая регулировка подачи топлива осуществляется инвертором. Базовая комплектация включает топливный бункер, шнековый механизм подачи топлива с электродвигателем и



редуктором, систему наддува воздуха с электровентилятором, датчик открывания двери топки, инструменты для обслуживания. Дополнительное оснащение предусматривает управление котлом с электромеханического комбинированного щита с функциями авторозжига, поддержки горения и регулировки пламени посредством лямбда-зонда. Дополнительно котлы также могут оснащаться: устройством для удаления золы, керамическими вставками в топку для улучшения процессов теплообмена, системой автоматической подачи топлива (на 6 м) с панелью управления и датчиками наполнения, системой

противопожарной защиты бункера, системой пневматической очистки. В качестве топлива используются пеллеты диаметром 6–8 мм. Кроме того, компания производит и поставляет на российский рынок многотопливные котлы CSA и CSA GM (с подвижной колосниковой решеткой), в линейках которых присутствуют модели мощностью до 2000 кВт, способные работать на разных видах биотоплива – пеллеты, древесная щепа, стружки, опилки.

## Biomaster

Главная особенность котлов Biomaster CS итальянской компании Biomaster заключается в возможности эффективного (КПД до 89 %) сжигания вместе с пеллетами любой измельченной сухой биомассы (до 50 %). При этом размеры частиц биомассы должны быть совместимы с размерами пеллет – не превышать в длину 30 мм и 8 мм в диаметре. Влажность измельченной биомассы не должна превышать 20 %. Все это возможно благодаря усиленному шнековому механизму для подачи топлива в горелку. Модель имеет две технологиче-

ских дверцы на лицевой стороне: верхняя – для доступа к теплообменнику, нижняя – к объемной горелке, которой оборудован котел. Механический размыкатель на нижней дверце останавливает при открытии работу котла, чем предупреждается попадание искр в помещение котельной. В базовую комплектацию котла, кроме упомянутого электрического шнекового механизма подачи топлива, входят также бункер для пеллет (200–900 л, в зависимости от модели), подающая воздуховодная система с вентилятором, система переключения «пеллеты-дрова», колосниковая решетка, ящик для золы. Также котел может оснащаться программируемыми внешними датчиками температуры, автоматическим золоудалителем. Бункер топлива выполнен герметичным, это обеспечивает защиту сырья от набора влаги. В котловых блоках используется специальная сталь, толщиной не менее 4 мм. Серия объединяет 14 моделей мощностью от 0,029 до 1,1 МВт, из них 10 моделей более 0,1 МВт. Средний расход пеллет для модели в 0,114 МВт составляет 11,3 кг/ч, а для модели мощностью 1,1 МВт – 100,1 кг/ч.

## FACI

Серия итальянских стальных пеллетных котлов FACI (0,016 – 1,394 МВт) одноименного производителя включает 15 моделей мощностью выше 0,1 МВт. Трехходовой теплообменник обеспечивает КПД котла до 90 %. Стенки котла двойные, с водяным контуром охлаждения, что уменьшает риск перегрева котла. В задней части топки встроена отражающая панель. За теплообменником находится дымовая камера для отвода дымовых газов и сбора твердых продуктов сгорания. Двухшнековый меха-





низм подачи топлива служит эффективной противопожарной системой. В базовую комплектацию включаются: оперативный топливный бункер (200 или 400 л), шнековый механизм подачи топлива с электродвигателем, система наддува воздуха с вентилятором, аналоговая или цифровая панель управления, функция переключения «пеллеты-древа», инструмент для обслуживания. Дополнительное оснащение предусматривает: установку программируемых внешних датчиков температуры, автоматическую систему зоудаления, увеличение длины шнека, увеличение объема бункера, системы топливоподачи выполненные по индивидуальному заказу (топливопроводы, датчики наполнения), подключение бойлера косвенного нагрева для ГВС, колосниковые решетки.

Кроме пеллет диаметром от 6 до 14 мм, в качестве топлива могут использоваться дрова, а также смесь пеллет и любой измельченной биомассы (опилки, стружка, солома и др.). Предусмотрена возможность перевода котла на газ и дизельное топливо.

Также на российский рынок поставляются пеллетные котлы серий ECO и CBS этого же производителя, включающие модели мощностью 0,115–0,152 МВт.

### Grandeg

С 2010 г. пеллетные котлы GD мощностью до 0,5 МВт латвийской компании Grandeg представляет на российском рынке компания ООО «Био Терм» (до этого времени торговые интересы Grandeg в РФ представляло ООО «ГРАНДЕГ-РУС»). Модели мощностью 0,1 МВт и более присутствуют в сериях GD-ECO (0,1, 0,2, 0,3 МВт), GD-WB (0,1, 0,2, 0,3, 0,5 МВт)

и GD TURBO (0,1, 0,2, 0,3, 0,5 МВт). КПД составляет от 85 до 93 %, в зависимости от чистоты котла. Автоматическая работа котла регулируется с помощью цифрового контроллера с функцией поддержания заданной температуры. Котлы могут работать в полностью автоматическом режиме на одной загрузке контейнера до 7 суток. Котлы



могут подключаться к системе ГВС и системе теплых полов. Котлы компактны – установочная площадка не превышает 2 м<sup>2</sup>.

### HERZ

Водогрейные котельные установки компании HERZ – BioFireBioControl 3000 (0,5–1,0 МВт) и BioMaticBioControl 3000 (0,22–0,5 МВт) представляет на российском рынке компания «Интерма». Установки работают на топливной щепе и пеллетах.

Стандартная комплектация установок включает: сдвоенный шnek загрузки в топку, цепной привод, дымосос с плавным регулированием числа оборотов, воздуховоды первичного и вторичного воздуха с плавным регулированием числа оборотов, системы автоматического розжига, автоматической очистки поверхностей теплообменника, автоматической чистки наклонной подвижной колосниковой решетки, автоматизированное удаление золы из блока топки и блока теплообменника, систему защиты от обратного возгорания, клапан перепуска дымовых газов, многозонную

подачу воздуха в камеру горения, контроль уровня топлива в промежуточном бункере,



контроль температуры в шнековых каналах подачи топлива в горелку. Для управления используется встроенная панель BioControl 3000 с ЖК-экраном, которая применяется для: регулирования процесса горения, регулирования контура бойлера, управления контуром бака-аккумулятора, регулирования разряжения, регулирования положения клапана перепуска дымовых газов, управления контуром поддержания температуры обратного потока, управления двумя отопительными контурами (насос, трехходовой клапан, датчики температуры подающей и обратной магистралей), лямбда-регулирования количества подаваемого воздуха и количества топлива.

### Kostrzewa

Стальные пеллетные котлы серии Maxi Bio (0,05 – 0,3 МВт) польской компании Kostrzewa оснащены трехходовым тепло-



обменником, обеспечивающим высокий КПД и низкий уровень выбросов вредных веществ в окружающую среду. Три из пяти моделей, входящих в серию характеризуются мощностью более 0,1 МВт.

Обзор подготовил А. Преображенский

# Паросепарационные устройства в паровых котлах

Я. Резник

Паровые котлы часто поставляются с простейшими паросепарационными устройствами. При этом для обеспечения нормативного качества пара при экономически приемлемых размерах продувки производители котлов регламентируют небольшие уровни солесодержания котловой (продувочной) воды. Такое положение особенно характерно для котлов зарубежной поставки.

Исторически сложилось так, что за рубежом ионитное обессоливание воды получило широкое распространение гораздо раньше, чем в нашей стране. Стоимость ионитов была приемлема для большинства потребителей. При сопоставлении альтернативных вариантов – обессоливание исходной воды или потери теплоты и воды при большом значении продувки и мероприятий по утилизации солей в продувке – выгоднее оказывалось обессоливание.

Ориентируясь на небольшое солесодержание питательной воды, производители котлов разрабатывали паросепарационные устройства для условий, при которых солесодержание продувочной воды устанавливалось не выше 3000 мг/л. И это позволяло эксплуатировать котлы при небольшом размере продувки.

Кроме того, серийное производство котлов ориентировалось на солесодержание европейских водоисточников, как правило, небольшое.

Такое положение сохраняется и сегодня. Однако в южных районах России (и в сопредельных странах: Украина, Казахстан) часто встречаются поверхностные и подземные водоисточники, где солесодержание воды достигает нескольких сотен миллиграммов в литре (реже, но встречаются и воды с содержанием солей более 1 тыс. мг/л).

## Принцип ступенчатого испарения

В условиях дефицита ионитов для обессоливания воды и необходимости обеспечить нормативное качество пара при минимальном размере продувки в СССР усиленно разрабатывались эффективные схемы водного режима и конструкции паросепарационных устройств паровых котлов.

Советским ученым Э.И. Роммом в 1937 г. был предложен принцип ступенчатого испарения, заключающийся в том, что испарительные поверхности разделяются на циркуляционно-независимые части.

В первую ступень поступает весь объем питательной воды котла, котловая первой ступени служит питательной водой второй ступени. Если есть третья ступень испарения, то питательная вода для нее – котловая вода второй ступени.

Обычно первую ступень называют «чистым» отсеком барабана, другие ступени – «солевые» отсеки. Третью ступень чаще всего организуют вне барабана котла. Продувка последней ступени испарения – это продувка котла.

Из-за того, что в первой ступени солесодержание котловой воды небольшое, ее продувка равна паропроизводительности солевых отсеков и продувке котла – солесодержание пара чистого отсека меньше, чем при одноступенчатом испарении (при

расчетах предполагается, что продувка в виде влажного пара и неконтролируемых утечек воды через неплотности трубопроводов близки нулю).

В первую ступень испарения выделяется наибольшее количество пароводяной смеси, во вторую ступень – до 20 %, в третью – до 10 % номинальной паропроизводительности котла.

Чем больше паропроизводительность солевых отсеков, тем меньше значение продувки котла. Но уменьшать продувку котла за счет увеличения паропроизводительности солевых отсеков нет смысла, так как при этом соответственно возрастает доля пара, получаемого из воды с большим солесодержанием. То есть ухудшается качество всего пара котла, и эффект ступенчатого испарения в таких условиях ничтожен.

Кроме того, уменьшение продувки (менее 0,5 % паропроизводительности котла) нежелательно из-за возможных железоокисных отложений в пароводяных трубах. Теоретически обоснованного правила выбора значений паропроизводительности ступеней испарения не существует. Выбор производится на основе вышеприведенных соображений и с учетом конструктивных особенностей котла, барабана и паросепарационных устройств.

При прочих равных условиях (уровень воды в барабане котла, нагрузка парового

объема барабана, конструкция паросепарационных устройств) можно приблизительно определить паропроизводительность ступеней испарения, основываясь на известных значениях критического солесодержания котловой воды каждой ступени испарения.

Это критическое значение устанавливается, когда солесодержание пара резко увеличивается сверх нормативных значений при достижении некоторого предела солесодержания котловой воды.

Чтобы солесодержание котловой воды каждой ступени испарения было меньше критических значений, установленных в опытных условиях для данного котла и паросепарационных устройств, можно определить некие границы производительностей ступеней по расходам воды.

Паропроизводительность третьей и второй ступеней испарения, соответственно, не должна быть меньше:

$$n_{3\min} = D_3/D = (S_{\text{прод}} - S_{2\text{доп}})/S_{2\text{доп}} \cdot p,$$

$$n_{2\min} = D_2/D = (S_2 - S_{1\text{доп}})/S_{1\text{доп}} \cdot (p + n_3),$$

где  $n_{3\min}$ ,  $n_{2\min}$  – наименьшие значения паропроизводительности соответственно третьей и второй ступеней испарения, доли единицы;

$D$  – паропроизводительность котла, т/ч;

$D_3$ ,  $D_2$  – паропроизводительность соответственно третьей и второй ступеней испарения, т/ч;

$S_2$  – солесодержание котловой воды второй ступени испарения, мг/л;

$S_{\text{прод}}$ ,  $S_{2\text{доп}}$ ,  $S_{1\text{доп}}$  – допустимое солесодержание котловой (продувочной) воды соответственно в продувке котла, во второй и первой ступенях испарения, мг/л;

$P$  – значение продувки котла, доли единицы;

$n_3$  – паропроизводительность третьей ступени испарения, доли единицы.

Обычно третья ступень испарения, как правило, представленная выносными циклонами, не должна быть меньше 4–5 % общей паропроизводительности котла. Экранные трубы, расположенные в углах топки, не должны включаться в третью ступень испарения. В противном случае при изменении нагрузки котла, положения топочного факела, шлаковании топки сильно изменится паропроизводительность ступени испарения. И, как следствие,

ухудшится эффективность сепараторов-циклонов, рассчитанных на определенное значение паропроизводительности.

Возможны также случаи «затмения» освещения (обогрева) угловых труб боковых экранов, когда такие трубы закрыты от факела рядом расположенных труб фронтового экрана. В трубе бокового экрана образуется застой циркуляции парово-дымной смеси или ее движение приобретает пульсирующий характер.

Чаще всего во вторую ступень включают передние панели боковых экранов, в третью – задние панели. Предварительно намечается производительность ступеней испарения соответственно теплопроизводительности поверхностей нагрева. Предполагаемые значения паропроизводительности ступеней испарения должны допускать конструктивную возможность организации отсеков в барабане котла.

Большая мощность внутрибарабанных отсеков второй ступени испарения невозможна из-за трудностей размещения в них большого количества подъемных и опускных труб экранов топки.

Большая мощность третьей ступени испарения также неприемлема, так как трудности размещения при этом большого количества выносных циклонов конструктивно и экономически весьма велики.

Технология ступенчатого испарения, необходимые расчеты подробно изложены в работах М.А. Стыриковича, Т.Х. Маргуловой, Г.Е. Холодовского и других ученых и инженеров.

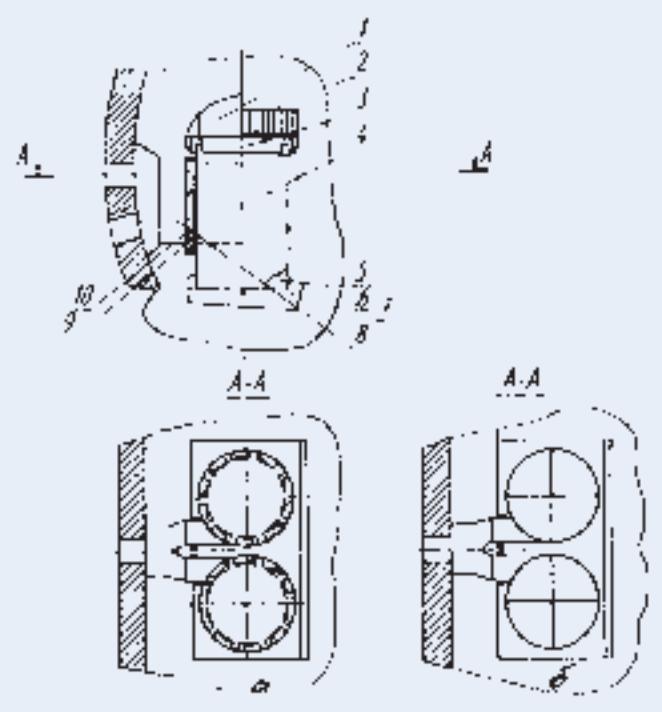


Рис. 1. Варианты конструкций циклонов (а – с лопастной вставкой, б – с крестовиной):

- 1 – колпак;
- 2 – жалюзийная «шапка»;
- 3 – воротник;
- 4 – корпус циклона;
- 5 – лопастная вставка;
- 6 – крестовина;
- 7 – поддон;
- 8 – патрубок на коробе;
- 9 – прокладка;
- 10 – фланцы

### Условия эффективности ступенчатого испарения

Достоинства ступенчатого испарения уменьшаются, если увеличивается заброс котловой воды с паром через окно в перегородке между солевым и чистым отсеками. Через трубу, питающую солевой отсек котловой водой чистого отсека, периодически возможен обратный поток воды – из солевого в чистый отсек.

Слишком малые сечения паро- и водоперепускных отверстий между отсеками (окна и трубы) обуславливают их большое сопротивление, что – в предельных условиях – может привести к упуску воды солевого отсека и аварийному разрыву труб боковых экранов, пароводяная смесь которых поступает в солевые отсеки. Поэтому важно предварительно определять возможную разность уровней воды в отсеках.

Сопротивление окон и труб можно несколько увеличить. Например, в паро-перепускных окнах можно установить

жалюзийные пакеты (см. ниже), которые – при незначительной в них потере давления – позволяют дополнительно осушить пар солевых отсеков.

В водоперепускных трубах – при желании еще несколько понизить уровень воды в солевых отсеках – уменьшить опасность переброса воды через пароперепускные окна – можно установить ограничительные шайбы с отверстием, определенным расчетом.

Установка водоперепускных труб должна быть выполнена таким образом, чтобы исключить воздействие опускных труб котла на входные и выходные отверстия труб.

Наличие или отсутствие обратных перетоков воды по водоперепускным трубам и поступление воды в отсеки через неплотности в перегородках и через пароперепускные окна может быть проверено во время теплохимических испытаний котла. При полностью отключенной продувке котла и герметичности всех устройств отбора проб котловой воды определяется фактическая паропроизводительность солевых отсеков.

$$n = [(S_{\text{кв}}^2)_H - (S_{\text{кв}}^2)K] \cdot V \cdot \beta \cdot 100 / [(S_{\text{кв}}^1)_H + (S_{\text{кв}}^1)_K] / 2 \cdot (D/t),$$

где  $n$  – фактическая паропроизводительность второй ступени испарения, %;  $(S_{\text{кв}}^1)_H$ ,  $(S_{\text{кв}}^1)_K$ ,  $(S_{\text{кв}}^2)_H$ ,  $(S_{\text{кв}}^2)_K$  – соответственно солесодержание котловой воды первой и второй ступеней испарения в начале и конце периода опыта, г/м<sup>3</sup>;  $V$  – водяной объем солевого отсека – по геометрическим размерам элементов котла, м<sup>3</sup>;  $D$  – паропроизводительность котла, кг/ч;  $\beta$  – плотность пара, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – продолжительность опыта, ч.

### Конструкции паросепарационных устройств

Для современных барабанных котлов с большим удельным напряжением и сравнительно небольшой высотой парового объема невозможно ограничиться простыми паросепарационными устройствами. Такие устройства, как различные отбойные щиты, стенки (уголковые и жалюзийные), погруженные щиты, отбойные лопатки не могут обеспечить нормативное качество (солесодержание) пара и не имеют перспектив применения в современных высокофорсированных котлах.

Для того чтобы получить нормативное качество пара, особенно из котловой воды с большим солесодержанием, следует предусматривать паросепарационные устройства с центробежным эффектом.

Наиболее часто применяются схемы, когда вся пароводяная смесь, поступающая в барабан при двухступенчатом испарении, заключается в короба и далее поступает в циклоны.

Короба – в зависимости от силы контуров циркуляции греющих поверхностей – могут быть закрытыми полностью или открытыми в нижней части.

Существует несколько конструкций внутрибарабанных циклонов, отличающихся способом крепления циклонов к коробам, спосо-

бом отвода пара из циклона (колпак или жалюзийная «шапка»), способом вывода воды из циклона (крестовина, лопасти, с поддоном или без него), способом подвода пароводяной смеси в циклон: с улиткой или без нее.

Для конструкций внутрибарабанных циклонов на основе многих опытов и эксплуатационных испытаний котлов выработаны некоторые общие правила.

Эффективность работы циклонов с улиткой и безулипочных приблизительно одинакова, но циклоны с улиткой гораздо сложнее в изготовлении.

Пароводяная смесь должна поступать в паровое пространство циклона – днище подводящего патрубка выше верхнего уровня воды в барабане не менее чем на 100 мм.

Циклон должен быть погружен в воду не менее чем на 200 мм ниже низшего уровня воды в барабане, чтобы предотвращать возможность прорыва пара к опускным трубам. Прорыв пара предотвращают также циклоны с поддонами, днища циклонов с кольцевыми щелями, в том числе с установленными в щелях лопатками. В зависимости от степени влияния опускных труб на работу циклонов на выходе воды из него может быть установлена только крестовина.

Исходя из этих соображений, для котлов с барабанами диаметром 1000–1200 мм высота корпуса циклона принимается равной 450–500 мм.

Нагрузки циклонов выбираются на основе допустимых скоростей подъема пара в циклоне

$$G_u = 3,6 \cdot v_u \cdot \beta_2 \cdot 0,785 \cdot d_u,$$

где  $G_u$  – допустимая нагрузка циклона (по пару), т/ч;

$v_u$  – допустимая скорость пара в циклоне, м/с;

$d_u$  – внутренний диаметр циклона, м.

Для давления, МПа, наибольшая скорость пара, м/с: 1,4 – 1,0–1,2; 2,35 – 0,9–1,1; 3,9 – 0,8–0,9.

Для барабанов диаметром 1000–1200 мм и овальным люком размерами 300×400 мм наиболее удобен циклон внешним диаметром 290 мм и высотой 475 мм: он легко проходит через люк барабана, то есть может быть полностью изготовлен вне барабана.

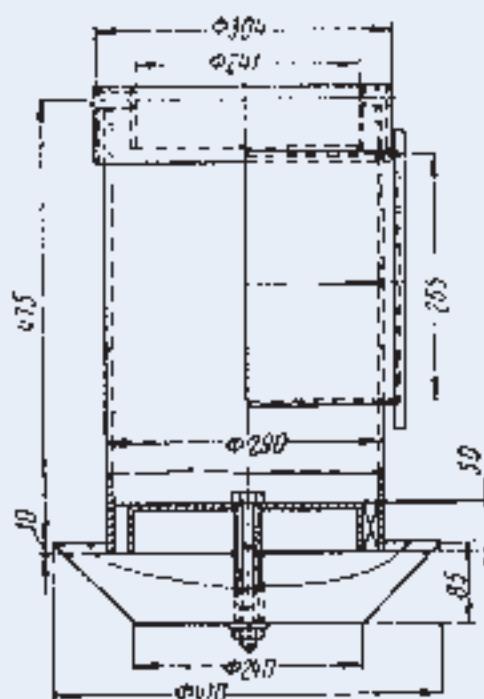


Рис.2

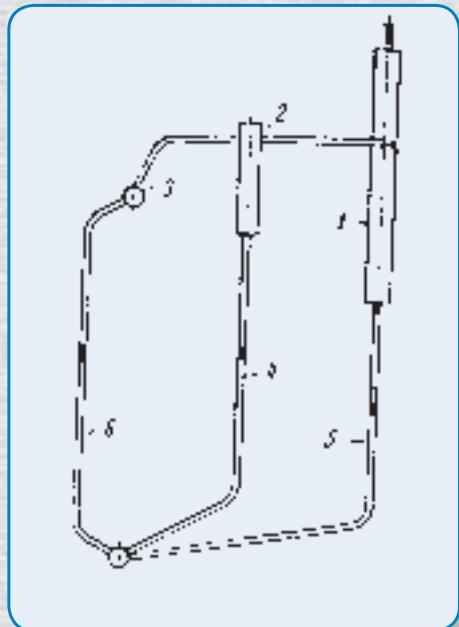


Рис. 3.

1 – основной выносной циклон;  
2 – предвключенный циклон грубой сепарации; 3 – верхний коллектор экрана котла; 4 – рециркуляционные трубы;  
5 – выпускные трубы; 6 – экранные трубы

При расчетах циркуляции пароводяной смеси в трубах котла должно быть учтено сопротивление внутрибарабанных циклонов.

$$\Delta_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \cdot (v_{\text{см}}^2 / 2) \cdot \beta_{\text{см}} = \xi_{\text{ц}} \cdot (v_{\text{см}}^2 / 2) \cdot \beta^1 \cdot [1 + (v_2/v_1) \cdot (1 - \beta_2/\beta_1)],$$

где  $\Delta_{\text{ц}}$  – потеря давления в циклоне, Н/м<sup>2</sup>;  
 $\xi_{\text{ц}}$  – суммарный коэффициент сопротивления циклона;  
 $v_{\text{см}}$  – скорость пароводяной смеси во входном патрубке циклона, м/с;  
 $v_1, v_2$  – приведенная скорость в патрубке циклона соответственно воды и пара, м/с;

$\beta_{\text{см}}$  – плотность пароводяной смеси, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\xi_{\text{ц}}$  рекомендуется принимать 4,5–5,5 (большие значения – для улиточных циклонов).

Сопротивление циклонов уменьшается, если короб, на котором они смонтированы, открыт снизу: уменьшается плотность пароводяной смеси за счет отделения основной массы воды.

Эффективность работы циклонов зависит от тщательности их монтажа. Не допускаются неплотности в коробах, в местах присоединения циклонов к коробам. Плотность всех соединений нужно проверять во время плановых ремонтов

котла и после ухудшения качества пара во время эксплуатации котла. Сварные швы теряют плотность во время остановов и пусков котла из-за разности толщин стенок барабана и коробов, следовательно, из-за разной скорости прогрева этих элементов.

Важна также плотность фланцевого соединения циклонов и коробов. Крепление циклонов на коробе осуществляется клиньями или болтовыми соединениями. И тот, и другой варианты имеют недостатки. При клиновом соединении желательна шабрена поверхность фланцев и периодическая проверка плотности соединения (из-за переменного термического воздействия соединение ослабляется). Болтовое соединение «закипает» и не поддается разборке при ремонте.

Для обеспечения одинакового уровня воды по длине барабана необходимо циклоны на коробе устанавливать с равномерным чередованием их с правым и левым вращением пароводяной смеси.

Конструкции внутрибарабанных циклонов разрабатывались разными организациями – показаны в РД 24.130.03-88 (НПО ЦКТИ), в работах (с сотрудниками) В.Н. Ноева, К.П. Мынкина, Е.Ф. Бузникова и др. Некоторые из них – на рис. 1 и 2.

Наибольшие допускаемые значения солесодержания котловой воды (в пересчете на NaCl) для диаметра барабана 1200 мм:

давление, МПа – 1,4; 2,35; 3,9;  
 солесодержание в первой ступени, мг/л – 2500; 2000; 1200;  
 солесодержание во второй ступени для всех давлений – 4500–6000 мг/л.

Сепарационные устройства третьей

ступени испарения обычно не удается разместить в барабане котла. Вследствие этого возникли конструкции выносных циклонов.

Эти циклоны также выполняются с наружной или внутренней улиткой и безулиточные. Эффективность обоих типов циклонов примерно одинакова, но улиточные намного сложнее в изготовлении, и для них характерна повышенная потеря давления на входе в циклон пароводяной смеси.

Получение из выносного циклона пара нормативного качества обеспечивается при площади сечения циклона в 10–20 раз больше площади сечения входящих в циклон пароводяных труб.

Обычно скорость ввода пароводяной смеси в циклон – 8–12 м/с. Уровень воды в циклоне – на 400–500 мм ниже ввода смеси, высота парового объема – не менее 2000 мм.

Осиевая подъемная скорость пара при давлении 2,95 МПа не выше 0,7 м/с – циклон без улитки и с внутренней улиткой и не выше 0,9 м/с – циклон с внешней улиткой. Для других давлений подъемная скорость пересчитывается

$$V_p = V_{2,95} \cdot \sqrt[3]{2,95/P},$$

где  $V_p$  – расчетная скорость пара в циклоне при давлении  $P$ , м/с;

$V_{2,95}$  – скорость пара в циклоне при давлении 2,95 МПа;

$P$  – давление котла, МПа.

Оптимальная скорость воды в питательных трубах циклонов (котловая вода второй ступени испарения) – 0,5–1,0 м/с; скорость пара в пароотводящих трубах циклона – 6–10 м/с.

На выходе из циклона предусматривается дырчатый потолок, выравнивающий скорость пара по сечению циклона.



Рис.4

Скорость пара в отверстиях – 0,75–0,85 скорости пара в пароотводящей трубе (живое сечение потолка – 15–20 % сечения циклона).

При расчетах циркуляции в контурах, подключенных к выносным циклонам, необходимо учитывать сопротивление циклонов, которым нельзя пренебречь из-за больших скоростей ввода пароводяной смеси в циклон. Для расчета можно воспользоваться сведениями, изложенными в ОСТе 108.838.10-80 и РТМ 24.030.42-74 (НПО ЦКТИ).

При наличии контуров циркуляции небольшой высоты расчет схемы с выносными циклонами может показать неприемлемость циклонов. Есть несколько способов обойти такое затруднение.

Введение пароводяной смеси организуется не непосредственно в циклон, а через предвключенный промежуточный циклон грубой сепарации или объемный сепаратор (рис. 3). Большая часть воды возвращается к нижнему коллектору экрана, и в основной циклон поступает сильно обедненная пароводяная смесь. Технологически подобны конструкции «циклон в циклоне», но они очень сложны в изготовлении.

Второй способ заключается в отказе от пароводяных циклонов – в использовании на выходе пара (после разделения пароводяной смеси в барабане) «паровых» циклонов. Такие циклоны могут быть как внутри барабана (в паровом пространстве), так и вне барабана. Последние конструктивно подобны обычным выносным пароводяным циклонам.

Так как «паровые» циклоны не оказывают влияние на циркуляцию пароводяной смеси, то скорость ввода влажного пара в них можно значительно повышать. Например, при давлении 2,95 МПа – до 40 м/с (циклоны вне барабана). Недостаток их – некоторое «срабатывание» давления пара, но для промышленных котлов без турбин обычно это не имеет значения.

Скорость входа пара во внутрибарабанные паровые циклоны нельзя выбирать слишком большой из-за возможного подсасывания котловой воды в циклоны через водоотводящую трубу, особенно в барабанах малого диаметра (800–900 мм). Паровые циклоны в

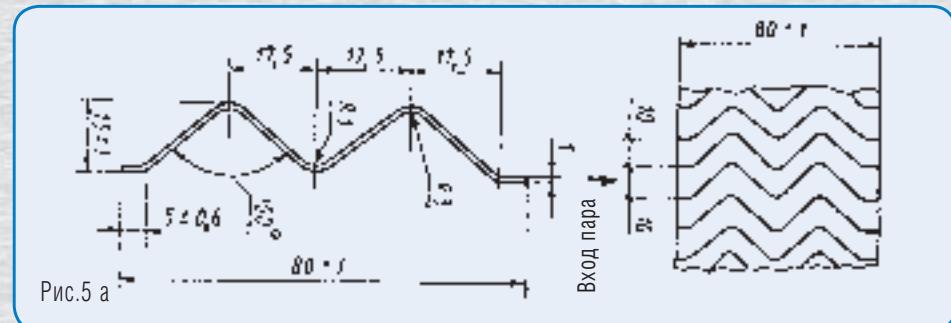


Рис. 5 а

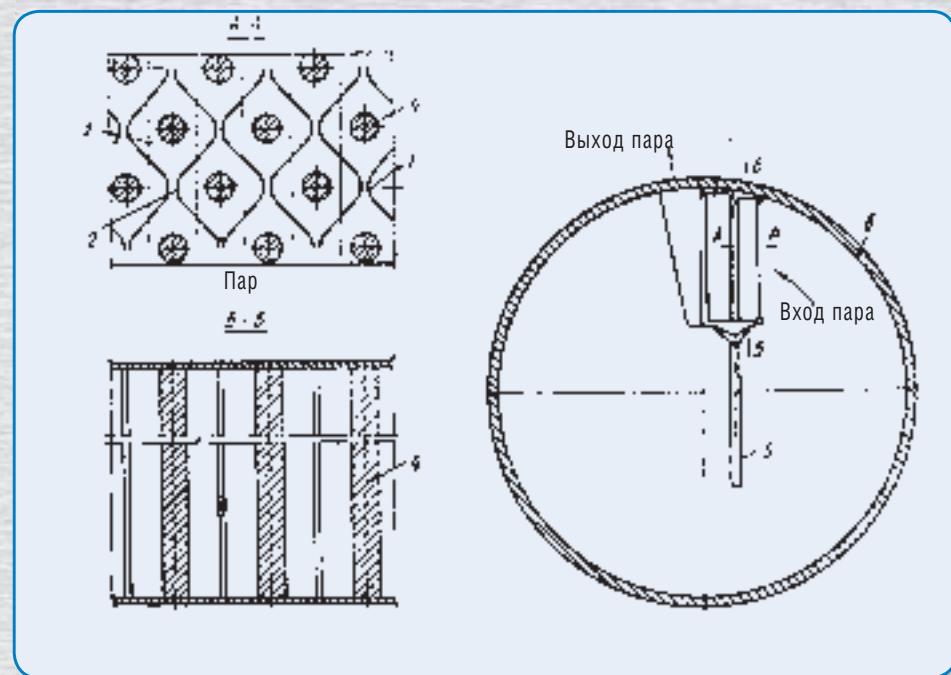


Рис. 5 б

1 – пластины жалюзи; 2 – каналы сужения; 3 – каналы расширения; 4 – стержни-прутки; 5 – дренажная труба; 6 – барабан котла; 7 – жалюзийный сепаратор по рис. 5 а

барабане могут быть вертикальные и горизонтальные (рис. 4).

В качестве вторичных сепарационных устройств (после первичных – пароводяных циклонов) в барабанах диаметром 900 мм и более устанавливаются жалюзийные сепараторы в комплекте с расположенными за ними дырчатыми листами. Лучшие результаты по сепарации влажного пара – у жалюзийных сепараторов при вертикально расположенных жалюзийных пакетах: скорость входа пара в них при давлении 2,95 МПа – около 1 м/с. Однако габариты барабана и необходимость обеспечить как можно большее расстояние от нижнего края жалюзийных пакетов до уровня воды

в барабане чаще всего не позволяют устанавливать пакеты вертикально. К значению допускаемой скорости пара в вертикальных сепараторах вводятся понижающие коэффициенты, определяющие скорости пара в наклонных сепараторах.

Эти коэффициенты, а также значения допускаемых скоростей пара в горизонтальных пакетах и данные о дырчатых листах – в ОСТе 108.838.14-85 (НПО ЦКТИ).

Фрагмент пакетов и профиль жалюзи – на рис. 5, а. Лучшие результаты работы у варианта жалюзийных сепараторов (рис. 5, б).

MATTEX™

WWW.MATTEXPO.RU

# MATTEX

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

12-15 МАРТА 2012  
МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
ПАВИЛЬОН № 8, ЗАЛ 1



организатор:

МОСВА РОССИИ  
ЕВРОЭКСПО



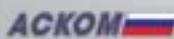
ЧИЧЕН АУСТРИЯ  
EUROEXPO  
Exhibitions and Congress Development Center



ПРИ СОДРЖАНИИ:



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
ПАРТНЕР:



ФОРУМ  
ИНЖЕНЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
И НОВЫХ  
ИДЕЙ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:

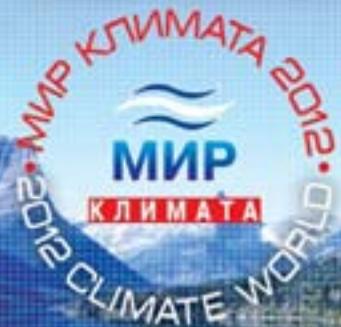


ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ПОДДЕРЖКА:



8-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# МИР КЛИМАТА



ГЛАВНОЕ ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ ГОДА

ОТОПЛЕНИЕ / ВЕНТИЛЯЦИЯ / КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ / ПРОМЫШЛЕННЫЙ И ТОРГОВЫЙ ХОЛОД

HEATING / VENTILATION / AIR-CONDITIONING / REFRIGERATION

Москва 12-15 марта 2012

Экспоцентр на Красной Пресне

организатор:



официальный  
спонсор выставки



генеральный  
партнер выставки



генеральный  
издатель выставки



официальное  
зданиеЭкспоцентра

МИР КЛИМАТА

www.climateexpo.ru

Офис Выставок в Москве, ул. Арбат, д. 35  
Телефон: +7(495) 625-46-62, факс: +7(495) 248-07-54  
Директор проекта: Юрий Викторович Борисов

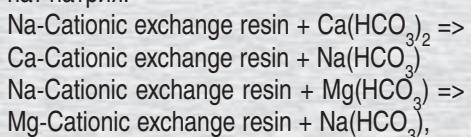


Применение в теплоэнергетике водяного пара приводит к интенсификации процессов коррозии металлов. Основной причиной коррозии в пароконденсаторах и трубопроводах тракта является присутствие в водяном паре и конденсате примесей диоксида углерода, а накопление углекислоты в системе происходит в результате гидролиза и разложения бикарбонатных и карбонатных примесей.

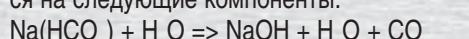
## Амины против коррозии

М. Петров, к.х.н.

Как известно, в большинстве случаев паровые котлы низкого и среднего давления снабжаются подпиточной водой, которая была предварительно умягчена методами натрий-катионирования или Н-катионирования. Эти методы очистки воды способствуют образованию в системе диоксида углерода. Так, в результате натрий-катионирования из солей жесткости сначала образуются бикарбонат натрия:



который в дальнейшем может распадаться на следующие компоненты:



В результате Н-катионирования бикарбонаты кальция и магния сначала образуют угольную кислоту, которая затем распадается с образованием диоксида углерода:

$$2\text{H-Cationic exchange resin} + \text{Ca}(\text{HCO}_3) \Rightarrow \text{Ca-Cationic exchange resin} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O};$$
$$2\text{H-Cationic exchange resin} + \text{Mg}(\text{HCO}_3) \Rightarrow \text{Mg-Cationic exchange resin} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$$

Таким образом, присутствующая в водяном паре свободная углекислота при ее растворении в конденсате существует в равновесии:



Присутствие в водной фазе угольной кислоты в диссоциированной форме сначала приводит к водородной деполяризации, а затем вызывает углекислотную коррозию. Протекание углекислотного коррозийного разрушения металлов сопровождается повышением хрупкости данного материала, что приводит в дальнейшем к возникновению разрывов и язв на трубах теплообменников и соединяющих трубопроводов.

Для предотвращения коррозийного разрушения оборудования в системе пароводяного тракта паровых котлов при-

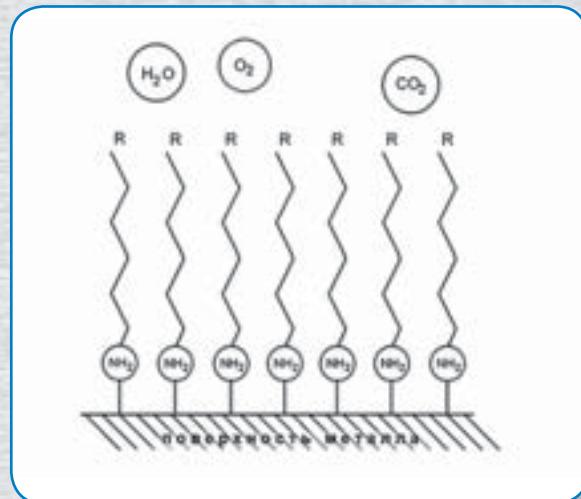
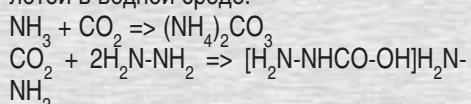
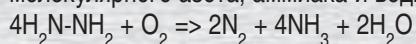


Рис. 1. Адсорбция заряженных концов пленкообразующих аминов на поверхности металла

меняют специальный водно-химический режим, который достигается путем введения в котловую и питательную воду определенных химических препаратов. Довольно часто для паровых котлов высокого давления применяют аммиачный или гидразийный водно-химический режим, а для котлов низкого давления используют тринатрийfosфат. Действие аммиака ( $\text{H}_2\text{N}-\text{H}$ ) и гидразина ( $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ ) основано на взаимодействии аминогрупп с углекислотой в водной среде:



Необходимо отметить, что помимо связывания углекислоты гидразин способен удалять при водоподготовке присутствующий в водной среде кислород. При этом происходит расщепление гидразина до молекулярного азота, аммиака и воды:



Однако использование этих соединений сопряжено с определенными сложностями. Так, передозировка аммиака может вызвать коррозию латунных трубок в пароконденсаторе, а введение гидразина в котловую воду для связывания углекислоты часто оказывается недостаточным для поддержания необходимого значения pH среды в конденсате.

В настоящее время во многих котельных вместо традиционного гидразинно-аммиачного режима находят применение иные реагенты, одним из которых

являются так называемые нейтрализующие амины. В состав препаратов с таким названием обычно входят несколько видов соединений, которые обладают достаточной способностью для связывания углекислоты. Основное преимущество этих реагентов заключается в том, что они совершенно не вызывают коррозию медных сплавов, которые часто используются в качестве материала для трубок конденсаторов. Обычно нейтрализующие амины вводятся в концентрации от 5 до 80 мг/л, хотя в большинстве случаев доза вводимого реагента зависит от рабочего давления пара в кotle, щелочности питательной воды, и степени ее деаэрации.

Помимо этого для снижения вероятности протекания коррозийных процессов часто применяют так называемые пленкообразующие амины.

### Пленкообразующие амины и их действие

Эта группа препаратов представляет собой соединения, имеющие в молекуле длинный алифатический радикал, содержащий от 12 до 18 атомов углерода. Такая алифатическая цепочка может быть полностью насыщенной или иметь в последовательности отдельные ненасыщенные фрагменты. Кроме этого, в молекулах пленкообразующих аминов имеются первичные, либо вторичные или третичные аминогруппы.

Строение пленкообразующих аминов подобно структуре молекул поверхностно-активных веществ. В водной среде атомы азота подвергаются протонированию, в результате которого аминогруппы приобретают положительный электростатический заряд. Это приводит к взаимодействию с отрицательно заряженными областями, возникающими на поверхности металла в результате электрохимической коррозии. Результатом этого является адсорбция заряженных концов пленкообразующих аминов на поверхности оборудования (рис. 1), при этом жирные алифатические цепочки этих веществ

направлены к водной фазе. Такое ориентирование молекул пленкообразующих аминов приводит к формированию мономолекулярного защитного слоя.

В процессе формирования защитного слоя происходит разрыхление и удаление с поверхности минеральных отложений, которые были там накоплены ранее. В тех случаях, когда некоторые виды отложений не разрыхляются, на этих местах все равно формируется защитный слой, который в дальнейшем препятствует протеканию коррозийных процессов.

Разрыхление ранее образованных отложений обусловлено тем, что в состав препаратов входят специальные добавки в виде полиаминов. Полиамины представляют собой полимерные соединения, состоящие из мономеров, в боковой цепи которого имеются первичные аминогруппы. Такое строение приводит к тому, что полиамины обладают чрезвычайно высокой растворимостью в воде и свойствами поверхностно-активных веществ. Кроме этого, полиамины способны преобразовывать кристаллические отложения карбоната кальция в легкий шлам.

За счет того, что в молекуле пленкообразующих аминов есть длинный алифатический конец, который придает им гидрофобные свойства, эти вещества обладают очень низкой растворимостью в воде. Конечно, это затрудняет их дозирование в воду.

Поэтому для введения пленкообразующих аминов в пароводяной тракт энергоблоков используют специальные эмульгаторы. Эмульсии на основе нерастворимых веществ поступают в питательную воду котлов и проходят все стадии, начиная от получения и использования водяного пара и заканчивая его конденсацией. При контакте эмульсии со стенками оборудования на поверхности металлов образуется несмачивающий мономолекулярный слой из адсорбированных пленкообразующих аминов. Этот защитный слой изолирует металл от агрессивной среды и улучшает теплообменные процессы за счет того, что процесс теплопередачи происходит в условиях капельной конденсации. Как известно, коэффициент теплоотдачи данного процесса значительно выше, чем при пленочной конденсации.

## Пленкообразующие амины на российском рынке

На российском рынке химических препаратов для водоподготовки представлены различные композиции, в состав которых входят нейтрализующие и пленкообразующие амины. Наиболее известными среди них являются композиции на основе октадециламина, а также препараты марок Helamin (рис. 2) и Epuramine. Октадециламин или 1-октадеканамин, который еще называют стериламин, имеет линейное строение:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{NH}_2$ .

Обычно октадециламин промышленного производства содержит около 94 % основного вещества. Одновременно с ним в качестве примесей присутствуют октадециламид (примерно 2 %) и октадецилнитрил (около 0,5 %). Несмотря на присутствие примесей, октадециламин обладает способностью к образованию защитного слоя на внутренней поверхности оборудования. Этот реагент выпускается различными производителями под разными торговыми названиями, например, «Флотамин» или Rofamin-T.

Октадециламин высокой чистоты обладает существенно большей способностью к формированию защитного слоя на поверхности металлов. Такой реагент выпускается под маркой Odacon. Преимущества его заключаются в более

эффективном предохранении оборудования от коррозии с коэффициентом защиты от 80 до 95 % в течение 5–7 лет (рис. 3).

Еще одним из видов таких препаратов является коммерческий продукт под торговой маркой Helamin, производимый компанией Faborga S.A. (Швейцария). Применение данного препарата позволяет осуществлять защиту от углекислотной коррозии, а также проводить стабилизацию солесодержания и подщелачивания воды в пароводяном тракте, включая обратную линию конденсата.

Для барабанных котлов высокого давления широкое применение находят пленкообразующие амины марки Epuramine. Производителем этого реагента является компания Eriko (Франция). Поставляется этот препарат на российский рынок фирмой «ГидроТехИнжиниринг» (Москва). Для обработки воды паровых котлов с рабочим давлением 24–138 атм применяются комплексные реагенты марок Epuramine V 200, Epuramine V 2000, Epuramine V 210, Epuramine V 2100. Кроме пленкообразующих аминов, в составе химических реагентов этой серии присутствуют диспергаторы в виде поликарбоксилатов.

Как уже сообщалось выше, для нейтрализации углекислоты и повышения pH конденсата эффективно применяются органические нейтрализующие амины, одним из производителей которых является компания «НПФ Траверс» (Москва), выпускающая препараты под торговой маркой «Аминат». Эти реагенты представляют собой композицию из нескольких аминов в водной среде. Подобранная рецептура позволяет осуществлять надежную защиту оборудования. Такие препараты могут применяться для обработки воды паровых котлов в широком диапазоне их параметров. Так, для паровых котлов с повышенным содержанием углекислоты в водяном паре рекомендован препарат «Аминат ПК-2», выпускаемый по ТУ 2458-109-17965829-09. Эффективная доза «Аминат ПК-2» может быть в пределах от 5 до 60 мг/л. Контроль дозирования осуществляется по значению pH конденсата. Температурная граница применения – не ниже 130 °C.



Рис. 2. Антикоррозионный препарат Helamin



Рис. 3. Фрагмент трубы с защитным слоем на внутренней поверхности, сформировавшемся после применения препарата Odacon

Еще одной композицией на основе нейтрализующих аминов является препарат марки HydroChem HT-710/40, одним из производителей которого является ООО «Аквилон» (Москва). Этот препарат представляет собой сильно щелочной ингибитор коррозии паровых котлов и пароконденсатных линий на основе смеси нейтрализующих аминов. Он предназначен для связывания углекислоты и коррекции величины pH водяного пара и конденсата.

Часто для создания необходимого водно-химического режима работы паровых котлов применяют комбинированные препараты, способные производить корректирующую обработку воды сразу по нескольким характеристикам состояния воды. Одним из таких препаратов является Advantage 124 ODT производства фирмы Ashland (США). Поставки продукции этой компании в РФ осуществляют ООО «Композит-Трейд» (Санкт-Петербург). В данном препарате присутствуют не только нейтрализующие амины, но и соединения, связывающие кислород, а также специальная смесь полимеров, ингибирующая образование отложений из кристаллов солей жесткости, и диспергирующая осадки в виде шлама.

Компания Agbor Engineering (Великобритания) производит серию комплексных препаратов на основе нейтрализующих и пленкообразующих аминов серии PuroTech BW, которые предназначены для коррекционной обработки котловой воды паровых котлов с давлением пара от 2,4 до 3,95 МПа.



**ISH**  
MOSCOW

Москва, 17–19 апреля 2012  
ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне

**SHK Moscow**

представляет

Отопление  
Энергоэффективность  
Возобновляемые источники энергии  
Водоснабжение

[www.shk.ru](http://www.shk.ru)

**ISH Moscow**

представляет

Вентиляция и кондиционирование  
Оборудование для ванных комнат  
Инсталляционные технологии  
Водоподготовка

[www.ishmoscow.ru](http://www.ishmoscow.ru)



# Электродиализ для котельных

М. Иванов, к.х.н.

Для долговременной работы котлов и питательного тракта необходимо соблюдать водно-химический режим котловой воды. Использование воды после соответствующей обработки позволяет в значительной степени избежать образования накипи, шлама, повышения щелочности котловой воды и благодаря этому снизить вероятность коррозии металлов. Одна из важнейших процедур водоподготовки подразумевает ее умягчение – удаление растворенных в воде солей жесткости (катионов солей кальция и магния). Умягчение воды может проводиться реагентными и безреагентными методами, среди которых в последнее время все больше внимания уделяется электродиализу.

**К**реагентным методам умягчения относятся – известкование, содоизвесткование, коагулирование. Во всех случаях в результате использования химических реагентов происходит коагулирование и выпадение примесей. Поэтому для завершения процесса умягчения воды реагентными методами необходима стадия осаждения, которая протекает в отстойниках и осветлителях. К сожалению, использование этого типа оборудования, которое относится к категории малопроизводительного и крупногабаритного, значительно затягивает процесс очистки воды и требует значительных производственных площадей. В этом отношении более предпочтительны являются безреагентные методы.

Безреагентное умягчение воды проводится мембранными методами, ионообменной фильтрацией и методом электрохимической очистки. Как известно, метод ионообменного умягчения воды довольно эффективный, чем и объясняется его широкое распространение. Он позволяет провести умягчение воды до высоких степеней очистки, однако к безреагентным его можно отнести лишь условно, поскольку при регенерации ионообменных смол требуется применение концентрированных растворов кислот и щелочей. Так, например, при непрерывном умягчении воды со скоростью потока 20 м<sup>3</sup>/ч при исходной концентрации солей 0,25 г/л потребление растворов соляной кислоты и едкого натра составляет 2–3 т/сутки. После регенерации ионообменных смол остаются еще большие объемы отработан-

ных растворов, которые требуется утилизировать.

Несмотря на указанные недостатки, связанные с возможностью нанесения вреда окружающей среде, метод ионообменной фильтрации является основным, применяемым для водоподготовки в теплоэнергетике. Однако специалистами наблюдается тенденция вытеснения ионного обмена другими безреагентными способами, в частности очисткой воды с помощью мембранных и электрохимических методов.

## Мембранные методы водоподготовки

Среди них перспективны нанофильтрация и обратный осмос, позволяющие удалять все молекулы и ионы, размеры которых намного больше воды. На основе практических наблюдений было установлено, что мембранными методами достигается эффективное умягчение воды с понижением жесткости в 10–50 раз. Однако мембранные очень чувствительны к некоторым видам примесей, присутствующим в воде. Это вынуждает проводить предварительную очистку воды перед мембранный обработкой. К другим недостаткам мембранных методов следует отнести трудности, связанные с применением оборудования, эксплуатирующегося под высоким давлением, довольно большое потребление электроэнергии, а также значительный объем отходов, направляемых в слив.

С учетом этого одним из самых перспективных способов умягчения воды рассматривается электрохимическая обработка. Ее методами являются элек-

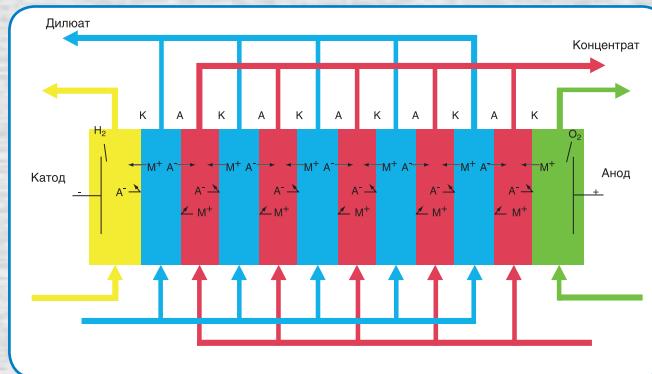
трохимическая коррекция pH, электрофлотация и электроагуляция, а также электродиализ или электроосмос. Они основаны на процессах электролиза, имеющих место при прохождении воды через пространство между двумя электродами: поляризации, электрофореза, протекания окислительно-восстановительных реакций с деструкцией примесей и инактивацией биологических загрязнений.

## Электродиализ

Установки электродиализа представляют собой одну или несколько специальных камер, в которых параллельно расположены слои мембран и два электрода по краям. Электроды расположены таким образом, чтобы каждый слой мембраны находился в зоне действия постоянного электрического поля.

В установках электродиализа используются мембранные двух типов, один из которых пропускает только катионы, а другой – анионы. Эти типы мембран расположены поочередно. Очищаемая вода подается в камеру установки и протекает между двумя слоями различных типов (см. рис.) мембран. При этом она теряет растворенные в ней ионы: катионы проникают через одну мембрану, а анионы – через другую. При достаточной протяженности такого пути вода становится деионизованной.

При этом по другую сторону от каждой мембраны протекают потоки, обогащенные либо катионами, либо анионами. Эти потоки называются рапой или рассолами, которые после завершения очистки воды направляются в слив.



Принципиальная схема электромембранный установки.  
 $M^+$  – катионы;  $A^-$  – анионы;  $A$  – мембрана проницаемая для анионов;  $K$  – мембрана проницаемая для катионов

Электродиализ – относительно новый метод очистки воды (1940 г.), первоначально он применялся для ее обессоливания. В Германии для этого было предложено использовать пакет с чередующимися катионо- и анионообменными мембранами. Широко применяется электродиализ стал лишь с начала 50-х гг. после организации массового производства ионообменных мембран. В этот период он использовался преимущественно для опреснения морских и соленых вод, а с конца 50-х гг. стал применяться для очистки стоков при добыче и обогащении урановых руд. Новый всплеск интереса к электродиализу произошел в 90-х гг., когда он начал преобладать в технологии производства высокочищенной воды для нужд медицины и радиоэлектроники в ряде стран Западной Европы.

В СССР электродиализ преимущественно использовался для производства питьевой воды при опреснении морских и соленых вод. Для этой цели на ОАО «Тамбовмаш» (Тамбов) выпускались многокамерные промышленные электродиализные установки моделей ЭОУ-НИИПМ-25 производительностью 1 м<sup>3</sup>/ч и ЭОУ-21У-НИИПМ производительностью 25 м<sup>3</sup>/ч. Это оборудование позволяло опреснять соленые воды с концентрацией солей в пределах 3–6 г/л. Выход обессоленной воды с содержанием солей 0,5–0,85 г/л составлял 40–60 %.

С 1965 г. на Алма-Атинском электромеханическом заводе (Казахстан) начато производство электродиализных опреснительных установок ЭДМ-300 производительностью 25–50 м<sup>3</sup>/сутки, которые

используются на станции опреснения воды в поселке Моинты (Казахстан). Производство электромембранных установок на этом предприятии в настоящее время осуществляется совместной компанией Membrane Technologies (Алма-Ата – Москва). Компания производит широкий спектр установок: от бытового опреснителя типа EDD производительностью 0,05–0,2 м<sup>3</sup>/ч пресной воды со степенью обес-

соливания 75 %, до промышленных установок типа ЕДУ 1-400x2 или ЕДУ 2-600x6 с производительностью, соответственно, 120 и 600 м<sup>3</sup>/сутки.

### Перспективы электродиализа

Последнее время наметилась устойчивая тенденция использования технологий очистки воды с помощью электродиализа для нужд теплоэнергетики. При этом используется то же оборудование, которое ранее использовалось для получения пресной питьевой воды. Вызвано это рядом преимуществ электрохимического метода, главным из которых является эффективность удаления из воды солей жесткости с помощью малоотходной и низкоэнергоемкой технологии. Электродиализ выгодно отличается от других мембранных методов меньшими объемами стоков, получаемых в результате очистки, и меньшими затратами электроэнергии. Так, при обессоливании воды с концентрацией солей 1–3 г/л расходуется около 2 кВт·ч электроэнергии на 1 м<sup>3</sup> воды.

В сегменте оборудования для водоподготовки российского рынка теплоэнергетики присутствует достаточное число предложений, касающихся использования электродиализных установок. Так, ООО «Эйкос» (Москва) предлагает использовать электродиализ для паровых котельных и водогрейных котлов с температурой 120–170 °C. Для паровых котлов предлагается технологическая схема, в которой исходную воду из магистральных сетей направляют сначала на установку электродиализа, а затем на доочистку в систему ионного обмена.

На сегодняшний день не существует универсальных методов, которые смогли бы производить очистку без помощи других способов. Однако, по мнению разработчиков, такое сочетание позволяет не только получать воду надлежащего качества, но и достичь снижения эксплуатационных расходов. В случае производства воды для водогрейных котлов технологическая схема иная. Сначала предусмотрена очистка воды с помощью установки электродиализа марки ЭДИС-П, которая может иметь производительность от 1 до 100 м<sup>3</sup>/ч, а затем в воду дозируют необходимое количество соответствующих комплексонов.

ООО НПП «Экомаш» (Московская обл.) предлагает использовать электродиализ для очистки технологической воды на ТЭЦ. Также предлагает услуги по созданию технологических ниток водоподготовки для котельных, ТЭЦ и бойлеров фирма UAB Membranines Technologijos (Литва).

Помимо очистки котловой воды, электродиализ применяется и для снижения концентрации солей в стоках, образующихся после проведения водоподготовки на энергетических объектах. Чаще всего это происходит при обессоливании стоков, получаемых после регенерации ионообменных смол на установках умягчения. Полученные растворы подвергают обработке с помощью электродиализаторов, в результате которой образуются обессоленная вода и рассол, который обычно отправляется на дальнейшую переработку. В частности, фирма Membrane Technologies (Казахстан) выпускает солевые концентраторы марки EDAC, способные перерабатывать до 40 м<sup>3</sup> рассола в сутки, при этом концентрация солей может достигать 150–180 г/л.

Рассол в дальнейшем можно упаривать на открытых площадках и получать твердую соль для повторного использования в качестве химического реагента при регенерации ионообменной смолы, либо направлять на заводы по производству поваренной соли. На производственном объединении «Азот» (Невинномысск) для обессоливания воды применяются электродиализаторы, способные перерабатывать 16 или 60 м<sup>3</sup> рассола в сутки, повышая концентрацию солей до 100 г/л. Полученный концентрат в дальнейшем направляется на выпарку с целью получения твердой соли.

# Ошибки эксплуатации котельных и их устранение

А. Вичкапов

*Надежность и безопасность котельных, как и долгосрочность их службы, закладываются не только особенностями конструкций, их составляющих, наличием систем безопасности, соблюдением регламентированных строительных норм и квалифицированно выполненным монтажом, но также грамотной эксплуатацией и своевременным сервисным обслуживанием.*

**M**нение, что котел, будучи сердцем системы отопления, при правильном изготовлении, монтаже и наладке может отработать положенный срок и без комплекса работ по поддержанию в исправном состоянии остальных систем, задействованных в котельной, несомненно, ошибочно. Квалифицированное обслуживание котельного оборудования в процессе эксплуатации – необходимое и обязательное условие его долгосрочной работы без аварий, устранение последствий которых потребует больших средств, чем своевременный сервис.

Обслуживание котельных подразумевает комплекс мероприятий по контролю и отладке сложного оборудования, работающего на стыке множества наук: термодинамики, газовой динамики, гидравлики, химии водоочистки, теории горения и др. Качественный сервис подразумевает взаимосвязь всех упомянутых процессов, понимание взаимодействия всех элементов, составляющих единое целое котельной. Именно поэтому весьма существенным фактором безаварийной эксплуатации является обеспечение грамотного обслуживания каждого функционального узла высококвалифицированным персоналом.



## Причины аварий в теории и на практике

Аварийные ситуации могут возникать по разным причинам, однако основными из них являются:

- эксплуатация контрафактного и фальсифицированного котельного оборудования;
- некачественный монтаж или ремонт оборудования;
- износ или плохое качество материала, из которого изготовлены отдельные узлы;
- неправильные действия обслуживающего персонала котельной.

Опыт работы «Бийского котельного завода» – ведущего предприятия в России по изготовлению котельного и котельно-вспомогательного оборудования для промышленной и коммунальной энергетики – показывает, что большая часть аварий котельного оборудования (80 %) происходит из-за неправильной эксплуатации. Неквалифицированный персонал котельных во многих случаях не в состоянии предупредить или быстро ликвидировать неполадки и аварии котельных агрегатов, что является основной их задачей как обслуживающего персонала.

Вот лишь два случая, служащих примерами вышесказанного, без упоминания имен компаний, нарушивших инструкции по эксплуатации котельного оборудования.

### Пример № 1

Котел ДКВр-20-13С, укомплектованный автоматикой на базе контроллера Vision-260, был введен в эксплуатацию в январе 2010 г. на территории республики Беларусь. В марте 2010 г. компания, эксплуатирующая котел, направила в адрес завода-изготовителя письмо, в котором

сообщалось, что произошла авария данного поставленного оборудования. При разжиге котла деформировались трубы боковых экранов переднего топочного блока и заднего экрана, впоследствии произошел взрыв трубы левого бокового экрана.

Для разрешения сложившихся спорных вопросов и выявления причин аварии от производителя был направлен главный конструктор завода.

По результатам проверки выявлено, что авария произошла по вине эксплуатирующей организации. Непосредственная причина аварии состоит в том, что в период растопки котла был закрыт нижний вентиль, соединяющий уровнемерную колонку и барабан, также сливной вентиль из нижнего барабана был приоткрыт (или неполностью закрыт) в результате чего действительный уровень воды в кotle оказался ниже нижней образующей верхнего барабана. При этом сигнал с уровнемерной колонки показывал нормальный уровень воды в котле, в результате чего автоматика безопасности не отработала выпуск воды.

### Пример № 2

В 2008 г. котельный завод поставил три водогрейных котла серии КВЕ-0,7-115ГМ одной из российских компаний.

В сентябре 2010 г. эксплуатирующая компания направила в адрес завода-изготовителя письмо, в котором было изложено, что при проведении обслуживания по подготовке к отопительному сезону на двух котлах прогорели левые стенки.

С целью более точного установления причины выхода из строя котлов КВЕ-0,7-115ГМ и получения конструкторских предложений от специалистов котельного завода, компанией «М» были также при-

Табл. Ошибки при эксплуатации котельных установок, их последствия и рекомендации по устранению.

Ошибки при эксплуатации котельных установок		Последствия неправильной эксплуатации	Рекомендации по устранению ошибок
<b>Нарушения водоподготовки</b>	1. Качество воды не соответствует нормам. 2. Применяется вода с повышенной жесткостью для питания котлов.	Накипеобразование, пережог поверхностей нагрева, перерасход топлива.	Котловая вода должна соответствовать нормативам для рабочих параметров котла. Необходимо проводить постоянный мониторинг качества котловой и подпиточной воды согласно «Правилам устройства и безопасности паровых и водогрейных котлов» ПБ 10-574-03.
	3. Не проводится подготовка водяного контура перед пуском котельной.	Накопление шлама в нижних точках котла.	
	4. Не проверяются поверхности котла со стороны воды.	Признаки отложения накипи.	
	5. Не проводится постоянный мониторинг качества возвратного конденсата.	Загрязнение котловой воды, что вызывает коррозию внутренних поверхностей котла, накопление шлама в нижних точках котла.	Требуется постоянный и непрерывный контроль состояния конденсата.
<b>Понижение уровня воды</b>	Нарушение водного режима, а именно при снижении уровня воды ниже допустимого.	Перегрев металла, что вызывает деформацию трубной системы. Взрыв котла.	Во избежание понижения уровня воды ниже допустимого необходимо использовать датчики переменного перепада давления.
<b>Несоблюдение регламента разогрева</b>	Производится слишком быстрая растопка котла.	Повреждение обмуровки котла, возможна деформация барабана.	Соблюдать график растопки котла согласно рекомендациям завода – производителя (инструкция по эксплуатации).
<b>Взрыв топлива</b>	Неправильная эксплуатация горелочного устройства.	Засорение форсунки, нестабильность горения или отрыв пламени. Взрыв в топке.	Перед зажиганием проверить работоспособность взрывных клапанов, форсунок, очистить форсунки топки.
<b>Средства безопасности и контрольно-измерительные приборы (КИПиА)</b>	Эксплуатация проводится с неисправными или неотрегулированными средствами безопасности и КИПиА.	Превышение давления в котле выше допустимого. Взрыв котла.	Предохранительные клапаны должны быть настроены согласно ПБ 10-574-03, их работа должна проверяться ежесменно. Своевременно сдавать манометры в поверку. Эксплуатировать оборудование только с исправными и поверенными приборами.
<b>Общие вопросы</b>	Использование нерасчетного топлива.	Котел не выходит на заданные параметры.	При переходе на нерасчетное топливо проводить пусконаладочные работы.



сланы фотографии вышедшего из строя оборудования.

По итогам более детального исследования прогара левых стенок котлов выявлено, что прогар произошел на одном и том же месте на всех котлах, а именно в районе первого поворота дымовых газов.

Причиной выхода из строя теплоизоляции послужило то, что прогоревшая часть является первым по ходу газов местом, где поток дымовых газов меняет направление и, соответственно, при наличии в потоке несгоревших в топке частиц топлива происходит их осаждение с последующим догоранием, что приводит к разрушению теплоизоляции. Наличие в потоке дымовых газов несгоревших частиц свидетельствует о неполном сжигании топлива.

Основные причины аварии: некорректное проведение пусконаладочных работ и неверно выбранный номинальный режим, повлекшие за собой прогар стенок котла (длина факела превышала длину топки) и неполное сжигание топлива.

### Ошибки – последствия – устранение

Наиболее распространенные ошибки при эксплуатации котлов связаны с нарушением системы водоподготовки, понижением уровня воды, загрязнением котловой воды, нарушением технологии продувки, несоблюдением технологии разогрева, взрывом топлива и другими сбоями в работе. В табл. приводится перечень самых распространенных ошибок эксплуатации котельного оборудования и рекомендации по устранению их последствий.

Несомненно, котельное оборудование нуждается не только в правильной эксплуатации, но и в постоянной профилактике, а часто и в ремонте. Для качественного обслуживания котельных необходим квалифицированный персонал, который вовремя сможет выявить неисправность и принять соответствующие меры. Обслуживающий

персонал котельной должен:

- знать взаимосвязь процессов, протекающих внутри систем, образующих котельную;
- выполнять «производственные инструкции по обслуживанию оборудования котельной», другие служебные инструкции;
- осуществлять постоянный контроль работы всего оборудования котельной и проводить своевременное устранение неисправностей;
- вести технический учет, предоставлять отчетность и планы работ.

### Заключение

Котельная – это сложная система, требующая к себе пристального внимания и ухода. Для того, чтобы котельное оборудование отработало свой срок службы без аварийных ситуаций, эксплуатирующим организациям необходимо уделять особое внимание подготовке и обучению персонала в процессе работы при обслуживании котельных, который бы четко придерживался технических рекомендаций заводов-производителей котельного оборудования.

# Котлы на пеллетном топливе в Интернете

*Пеллетные котлы – относительно новое оборудование для российского рынка, которое не получило еще должного распространения. Однако на сайтах Рунета это оборудование представлено довольно широко, что и подтверждает нижеприведенный обзор.*

[www.ekoteko.ru](http://www.ekoteko.ru)



Компания ТД «Экотеко» реализует на российском рынке пеллетные котлы: Faci, D' Alessandro, DCM, Grandeg, Biomaster, «Искра». Информация об этих котлах размещена на сайте в разделе «Продукция».

[www.ekoterмо.ru](http://www.ekoterмо.ru)

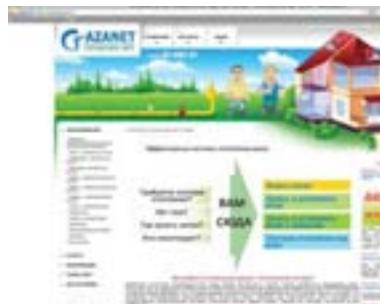
Сайт компании ООО «ЭкоТерм», специализирующейся на продвижении на российском рынке котельного оборудования, топливом для которого служит биомасса в различных ее формах (пеллеты или древесные гранулы, отходы деревообработки, дрова, торф, и т.д.) и являющейся официальным представителем итальянской компании Faci на территории России. На сайте подробно представлено котельное оборудование производства Faci.

[www.faci.su](http://www.faci.su)



Продукция одного из лидеров производства пеллетных котлов, итальянской компании Faci, представлена на этом сайте. Кроме того, сайт содержит информацию о европейских стандартах пеллетного топлива и преимуществах от его применения.

[www.gazanet.ru](http://www.gazanet.ru)



На сайте компании «Газанет», позиционирующей себя компетентной в сферах поставок отопительного оборудования и его комплектующих, проектирования и монтажа систем отопления и горячего водоснабжения коттеджей и загородных домов, в условиях отсутствия магистрального газа и ограничений мощности электроснабжения, представлено оборудование производителей пеллетных котлов: Faci, Kostrzewska и Grandeg.

[www.grandeg.ru](http://www.grandeg.ru)



Исчерпывающую информацию относительно сервиса, обслуживания, установки, расценок, технических характеристик пеллетных котлов 500 кВт, а также широкий спектр информации по всем видам твердого и жидкого топлива включает в себя сайт компании Grandeg. Дополнительно выложена ознакомительная информация по эксплуатации с примерами инсталляции котельного оборудования, предназначенного для снабжения теплом не только небольших коттеджей, но и крупных промышленных зданий.

[www.granuly.ru](http://www.granuly.ru)

Самый крупный и подробный отечественный сайт, пропагандирующий технологии и оборудование для отопления на пеллетном топливе в РФ. Представляет пользователю в доступной форме познавательную информацию о рынке пеллет и преимуществах пеллетного топлива (разделы меню – «Статьи», «Новости»), а также рассказывает о котельном оборудовании ряда компаний-производителей (Grandeg, Kostrzewska, Windhager, ООО «НКЦ «Бийскэнергопроект» и др). Кроме того, сайт содержит информацию по предоставлению услуг по обслуживанию и эксплуатации указанного оборудования. На форуме сайта можно получить дополнительную информацию от специалистов.

[www.kostrzewska-russia.ru](http://www.kostrzewska-russia.ru)

Сайт знакомит посетителей с продукцией крупнейшего польского производителя пеллетных котлов, компании Kostrzewska, осуществившей выпуск новых высокопроизводительных пеллетных котлов Maxi Bio средней и большой мощности до 300 кВт, которые разработаны специально для отопления крупных зданий. Экономичность, надежность, неприхотливость, а также способность работать в самых жестких условиях обеспечивают стабильную конкурентоспособность данной продукции на мировом рынке.

[www.kotlynasosy.ru](http://www.kotlynasosy.ru)

На сайте торговой компании размещена подробная информация о пеллетных котлах Biomaster, включающая подробное описание этих котлов и основные характеристики всего модельного ряда. В разделе «Наши статьи» размещены информационные материалы о пеллетном топливе, особенностях и преимуществах отопления пеллетными котлами, в том числе производства польской компании Kostrzewska.

[www.opop.ru](http://www.opop.ru)

Российский сайт чешского производителя твердотоплив-



ных котлов, в том числе и пеллетных. Содержит информацию о данном оборудовании.

[www.pro22.ru](http://www.pro22.ru)

Сайт компании «НКЦ Бийскэнергопроект», разработчика пеллетного котла «Искра», содержит подробное описание этого оборудования.

[www.teplocom-m.ru](http://www.teplocom-m.ru)

Сайт компании ООО «Теплоком-М», являющейся московским филиалом красноярской компании ООО «Теплоком», занимающейся поставками, монтажом и обслуживанием котельного оборудования. Заметное место на сайте занимает описание пеллетных котлов: Wirbel, OPOP, Biomaster, Grandeg, Rojek, которые компания реализует на российском рынке.

[www.termo-mir.ru](http://www.termo-mir.ru)

Сайт компании ООО «Термо-мир», реализующей на рос-



сийском рынке широкий ассортимент продукции для оборудования систем отопления и водоснабжения, в том числе итальянские пеллетные котлы Biomaster. Размещенная на сайте информация содержит подробное описание этих котлов и основные характеристики всего модельного ряда Biomaster. Компания предлагает также услуги монтажа и сервисного обслуживания оборудования.

[www.woodheat.ru](http://www.woodheat.ru)

В разделе «Все статьи» на сайте размещается обширная подборка статей о пеллетном топливе, горелках для сжигания пеллет и пеллетных котлах.

Обзор подготовил А. Преображенский.

# «БМК-НОРД» – готовые решения для теплоснабжения

ООО «Северная Компания» (Санкт-Петербург) является крупнейшим в регионе производителем автоматизированных блочно-модульных котельных. Сегодня более 200 котельных производства «Северной Компании» успешно работают в Санкт-Петербурге и других регионах России.

## Эффективность и экономичность

Основное направление деятельности компании – проектирование и строительство автоматизированных блочно-модульных котельных (БМК). Котельные, выпускаемые под маркой «БМК-НОРД», имеют Сертификат соответствия ГОСТ Р и Разрешение на применение Ростехнадзора.

Котельные «БМК-НОРД» – это готовые решения для теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий. В зависимости от теплопроизводительности и количества котлов они состоят из одного или нескольких транспортабельных блок-модулей, которые в готовом виде доставляются на место монтажа. Заводская сборка и минимум монтажных работ на объекте, а также использование современного отопительного оборудования гарантируют высокое качество БМК.

В котельных применяются передовые современные технологии и высокоэффективное энергосберегающее оборудование ведущих европейских и российских производителей: котлы с высоким КПД (92–94%) компаний – Viessmann, Buderus, Wolf; горелки – Elco, Oilon; насосы – Willo; теплообменники – Alfa Laval; арматура – Vexhe и др.

Котельные работают в экономическом режиме автоматического погодозависимого регулирования.

Грамотные проектные решения и применение современного компактного оборудования обеспечивают высокую эффективность выработки тепла, так одномодульная котельная мощностью 1 МВт занимает всего 28,8 м<sup>2</sup> площади.

## Надежность и безопасность

Все котельные «БМК-НОРД» оснащены системами автоматики и диспетчеризации и работают без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Контроль осуществляется с удаленного диспетчерского пункта, на который по каналам GSM-связи передается информация о параметрах работы оборудования и аварийные сигналы. В случае возникновения неполадок на место оперативно выезжает аварийная бригада для устранения неполадок.

Системы автоматического отключения подачи газа при возникновении неполадок, пожарной и охранной сигнализации, а также отсутствие влияния человеческого фактора обеспечивают практически стопроцентную безопасность эксплуатации котельной.



Сборочный цех, позволяющий вести сборку одновременно восьми котельных



Монтаж крышной котельной с использованием автомобильного крана



Монтаж оборудования котельной



Котельная готова к пуску



БМК-НОРД 11,9 МВт (г. Ломоносов)



БМК-НОРД 4,8 МВт (Ленинградская обл.)

Ограждающие конструкции в соответствии с противопожарными нормативами выполнены из материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

На случай перебоев в электроснабжении в котельных при необходимости может быть предусмотрено аварийное электропитание от автономного дизель-генератора.

Сборка БМК осуществляется на производственной базе компании, оснащенной современным металлообрабатывающим оборудованием, сварочными автоматами и полуавтоматами, станками для плазменной резки металла, покрасочным и другим оборудованием, обеспечивающим высокое качество и надежность выпускаемой продукции.

Расчетный срок службы котельных составляет не менее 25 лет.

### Бесшумность и экологичность

Конструктивно блок-модуль представляет собой металлический каркас, обшитый сэндвич-панелями. Такая технология позволяет собирать блок-модуль в короткие сроки. Конструкция имеет небольшой вес и компактные размеры, что удобно при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах.

Толщина панелей (100 мм) обеспечивает надежную звукоизоляцию, что позволяет устанавливать БМК вблизи жилых домов, сокращая потери тепла при транспортировке теплоносителя.

Для обеспечения дополнительной тепло- и шумоизоляции предусмотрен вариант блок-модуля с многослойными стенами, состоящими из профлиста, минеральной ваты, пенополиуретановой оболочки и фасадных панелей. Такая конструкция позволяет значительно снизить потери тепла при эксплуатации котельной, что особенно актуально в северных районах страны.

Снижение вибраций и передачи звуковых волн через конструкцию здания обеспечивается также за счет применения цельного двухслойного пола из бакелированной фанеры и алюминиевого листа.

Благодаря применению современного энергоэффективного котельного и горелочного оборудования и передовых технологий котельные «БМК-НОРД» экологически безопасны. Выбросы вредных веществ в атмосферу сведены к минимуму и соответствуют самым строгим европейским и отечественным требованиям экологической безопасности.

Конструкция котельной дает возможность использования различных вариантов наружной облицовки блок-модуля с применением фасадных панелей различных форм и цветов. Многовариантность облицовки открывает широкие возможности для дизайнерских решений и позволяет заказчику органично «вписать» котельную в окружающую застройку.

### Справка о компании

ООО «Северная Компания» - производственная и проектно-монтажная компания, специализирующаяся на строительстве котельных и наружных инженерных сетей (газопроводов, тепло-, водоснабжения и канализации). Основана в 1999 году. Численность персонала – более 600 человек.

Компания выполняет комплекс работ: проектирование, комплектация, производство, монтаж, пусконаладка, сдача в эксплуатацию, сервисное обслуживание объекта.

В составе компании:

- Проектно-конструкторское бюро
- Производственная база
- Монтажные участки
- Складское хозяйство
- Парк строительной и автомобильной техники

Продолжается строительство нового производственно-складского комплекса компании в Ленинградской области: в 2008 г. введен в эксплуатацию склад площадью 1700 м<sup>2</sup> и административный корпус, в 2010 г. - производственный цех по сборке блочно-модульных котельных площадью 2600 м<sup>2</sup>. На очереди – строительство еще одного цеха.

**NORD COMPANY**  
СЕВЕРНАЯ КОМПАНИЯ

ООО «Северная Компания» 194044,  
С-Петербург, ул. Менделеевская, д.9  
Тел/факс: (812)7777-9-88  
E-mail: mail@nordcompany.ru  
www.nordcompany.ru

**5-8 июня 2012**

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

**10-й ЮБИЛЕЙНЫЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОДНЫЙ ФОРУМ**

# **ЭКВАТЭК**

**Водный форум №1  
в России, СНГ и Восточной  
Европе**

Международная выставка и конгресс «Вода: экология и технология»  
- ЭКВАТЭК  
[ecwatech@sibico.com](mailto:ecwatech@sibico.com)

[www.ecwatech.ru](http://www.ecwatech.ru)

Международная выставка «Централизованное теплоснабжение»  
- СитиТерм  
[citytherm@sibico.com](mailto:citytherm@sibico.com)

[www.citytherm.ru](http://www.citytherm.ru)

**Золотой спонсор форума ЭКВАТЭК**



Посетите [www.ecwatech.ru](http://www.ecwatech.ru)  
для регистрации и актуальной информации



CityTherm



# Итальянские горелки для российского рынка

Компания ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», являясь официальным партнером компании F.B.R. Bruciatori S.r.l., предлагает широкий ассортимент горелочного оборудования мощностью от 23 кВт до 50 МВт для работы на газообразном и жидким топливах, а также для комбинированного использования этих видов топлива.

Представленное в широком ассортименте компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» горелочное оборудование итальянской компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. успешно завоевывает лидирующие позиции на российском рынке.

Компания F.B.R. Bruciatori начала свою деятельность в 1969 г. с производства и продажи горелок небольшой мощности для бытового и промышленного применения, а также горелок для плавильных печей, работающих с легкими сплавами алюминия, бронзы и латуни.

В 1975 г., благодаря расширению компании и входению в нее технической лаборатории проектирования и исследования горелочных устройств, F.B.R. Bruciatori активизирует работы в области исследований и развития.

В результате консолидации торговых отношений и работы с важными международными рынками в 1986 г. компания вдвое расширяет производственные площади и увеличивает количество сотрудников.

В 1994 г., с расширением партнерских отношений в области производственно-го сотрудничества, компания проводит комплексную модернизацию своих предприятий с заменой оборудования.

Успешная экономическая и инновационная политика, проводимая компанией в 2000 г., привела к необходимости расширения собственных производственных и складских площадей путем приобретения прилегающих земельных участков, а также дополнительных площадей в провинции Вероны.

Высокой оценкой исследовательского и производственного потенциала компании F.B.R., как производителя горелок высокого качества, является популярность ее продукции среди ведущих европейских теплоэнергетических компаний.

Благодаря постоянной исследовательской работе и возможности проектирования под индивидуальные условия заказчика, предлагаемая обширная гамма горелок F.B.R. способна удовлет-

ворить самые специфические требования по выбору оптимальных горелочных устройств для теплоэнергетических установок.

Широкий диапазон горелок F.B.R., предлагаемый на российском рынке компанией «ЭнергоГазИнжиниринг», представлен следующими основными моделями:

– газовые горелки, одно- и двухсту-



пенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии X диапазоном до 349 кВт; двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии XP диапазоном от 232 до 522 кВт; двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии P и Р/М диапазоном от 237 до 11 628 кВт. Горелки этих серий представляют собой конструкцию, состоящую из алюминиевого корпуса, наддувного вентилятора с корпусом для уменьшения уровня шума. Высокая эффективность работы оборудования и стабильность горения во всем диапазо-

не мощности достигается при помощи корректировки положения смесительного комплекта. Газовая арматура состоит из рабочего клапана для изменения расхода газа, предохранительного клапана, реле давления газа, фильтра-стабилизатора давления газа, антивibrationного компенсатора. Горелки мощностью свыше 1900 кВт могут оснащаться системой электронного регулирования топливовоздушной смеси;

– дизельные горелки, одно- и двухступенчатые, серии G диапазоном до 355 кВт; двухступенчатые серии GX диапазоном от 142 до 415 кВт; двух- и трехступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии FGP диапазоном от 237 до 11 628 кВт;

– мазутные горелки с механическим распылением, одноступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии FNL-FNDL диапазоном до 284 кВт; двух- и трехступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии FNP-FNDP с диапазоном от 142 до 11 628 кВт;

– газодизельные горелки, одноступенчатые серии GMX диапазоном до 232 кВт; двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие, серии К диапазоном от 116 до 11 628 кВт;

– газомазутные горелки, прогрессивные и модулирующие, серии KN диапазоном от 1044 до 11 628 кВт.

Кроме того, компания «ЭнергоГазИнжиниринг» предлагает горелочные устройства нового поколения для работы на всех видах газообразного и жидкого топлива серии JBM диапазоном от 3,5 до 14,5 МВт и комбинированные горелки серии JBD диапазоном от 8,5 до 50,0 МВт.

Помимо вышеупомянутых горелочных устройств, могут поставляться специальные версии горелок для альтернативных видов топлива, таких как экологическое дизельное топливо, BTZ (низкое содержание серы) и масла растительного происхождения (рапсовое, подсолнечное).

Вся продукция F.B.R. Bruciatori S.r.l., представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», сертифицирована согласно нормативам, действующим на территории Российской Федерации.

Ознакомиться с полным ассортиментом представляющей ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» продукции можно на сайте компании [energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su).

**7–10 ФЕВРАЛЯ**

Крокус Экспо • Москва



# **AQUA-THERM MOSCOW 2012**

**Новые перспективы развития Вашего бизнеса!**

**World of  
Water & Spa**

[www.aquatherm-moscow.ru](http://www.aquatherm-moscow.ru)

## **16-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА**

систем отопления, водоснабжения, сантехники,  
кондиционирования, вентиляции и оборудования для бассейнов

Организаторы:



Генеральный  
информационный партнер:



Специальный  
проект:



# Котлы Unical – настоящее итальянское качество

Компания «ЭнергоГазИнжиниринг», являясь авторизированным сервисно-дилерским центром и официальным партнером компании Unical AG S.p.A., представляет на российском рынке паровые котлы высокого и низкого давления паропроизводительностью до 17 250 кг/ч и предлагает услуги по строительству и реконструкции котельных, поставкам блочно-модульных котельных установок, а также полный комплекс услуг, в том числе пусконаладочные и режимно-наладочные работы с последующим гарантийным и сервисным обслуживанием.

Устойчивый спрос на паровые котлы компании Unical AG S.p.A. и рост продаж в компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» этой продукции обусловлен ее высоким качеством, отлаженным гарантитным и сервисным обслуживанием.

В настоящее время особое внимание Unical AG S.p.A. уделяет исследованиям и разработкам в области повышения энергоэффективности и качеству производимого котельного оборудования. Не случайно к продукции компании Unical приковано пристальное внимание со стороны ведущих европейских производителей котельного оборудования, которые успешно используют передовые разработки компании при производстве собственной продукции.

За годы плодотворного сотрудничества с производителями таких известных марок, как Vaillant и Buderus, по совместному выпуску котельного оборудования на предприятиях компаний, продолжает совершенствоваться и развиваться собственная лабораторно-испытательная и производственная база Unical AG S.p.A. Признанием высокого качества разработок лаборатории является наличие сертификатов европейского центра CERTIGAZ SAS (имеющего полномочия Евросоюза по проведению оценки соответствия стандартам и сертификации продукции и услуг в газовой сфере и энергетике).

Привлекательность и популярность продукции компании Unical AG S.p.A. объясняется оптимальным соотношением «цена-качество».

Наиболее популярными марками паровых котлов, представленных на российском рынке, являются BAHR' 12/15, BAHR' 12/15 HP и BAHR' 12/15 HPEC, TRYPASS' 12/15, а также BAHR' UNO.

Высоким спросом заслуженно пользую-

ются двухходовые паровые котлы высокого давления серии BAHR' 12/15 HP и HPEC с реверсивной топкой, представленные 14 моделями паропроизводительностью от 300 до 5000 кг/ч.

В конструкции котлов BAHR' 12/15 HP и BAHR' 12/15 HPEC используются дымогарные трубы типа ESALU (для газа) или ESA (для дизельного топлива), которые являются собственной разработкой компании и имеют патент Unical. Котлы серии



BAHR' 12/15 HPEC комплектуются встроенным экономайзером и группой модуляции питательной воды (КПД до 96–98 %).

Электронный шкаф управления котлов серии HP и HPEC может комплектоваться электронной панелью управления IML (Industrial Multi Logic), на которой визуально отображаются все режимы работы котла, горелки и питательных насосов. Сенсорный экран IML панели позволяет осуществлять управление режимами работы котла и вести архив операций.

Высокопроизводительные трехходовые паровые котлы представлены 18 моделями серии TRYPASS' 12/15 паропроизводительностью от 2000 до 17 250 кг/ч. Котлы этой серии предназначены для выработки

насыщенного пара для технологических нужд, а также систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Могут работать как на природном газе и дизельном топливе, так и на мазуте (до M100 включительно).

Конструкция котла обеспечивает низкие тепловые нагрузки в камере сгорания, низкие поверхностные нагрузки и оптимальный КПД. Конструкция топки позволяет сократить выброс вредных веществ в атмосферу при использовании горелок с низким выбросом NO<sub>x</sub> в различных версиях котлов Low NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> STD.

Паровые котлы низкого давления представлены 12 моделями серии BAHR' UNO паропроизводительностью от 140 до 3000 кг/ч. Котел предназначен для выработки насыщенного пара для технологических нужд, отвечает требованиям российских норм и правил (правила устройства и безопасной эксплуатации паровых с давлением не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водонагревателей с температурой нагрева воды не выше 115 °C).

Изготовителем рекомендуется устанавливать плавно-двухступенчатые или модулирующие горелки, поскольку они позволяют оптимально реагировать на изменение запроса мощности.

Вся продукция Unical AG S.p.A., представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», сертифицирована согласно нормативам, действующим на территории Российской Федерации.

Ознакомиться с полным ассортиментом представляемой ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» продукцией можно на сайте компании [energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su).

# Котельные Professional на шасси

*Котельные Professional на шасси – это максимальная оперативность при устранении аварий теплоснабжения! И не только!..*

Чрезвычайные ситуации (ЧС) природного и техногенного характера в отопительных системах случаются каждую зиму. По большей части это прорывы трубопроводов, которые невозможно быстро ликвидировать. Как правило, в таких случаях возникает опасность полной разморозки отопительной системы в домах, и практически всегда – это люди, оставшиеся без тепла в морозы, страдающие морально и физически.

Все эти проблемы могут быть решены использованием оперативными организациями в структуре ЖКХ и МЧС автономных блочно-модульных котельных АБМКУ-П Professional на автомобильных шасси, предназначенных для теплоподачи в отопительные системы и системы горячего водоснабжения, а также для подачи электроэнергии.

Блокная котельная аварийного теплоснабжения размещается в блок-модуле, установленном на автомобильные шасси или на транспортабельную платформу. Аварийные котельные выполняются тепловой мощностью 0,25–2,3 МВт, работают на дизельном и мазутном топливе и могут отапливать площадь до 35 000 м<sup>2</sup> в аварийном режиме, не допуская размораживания системы отопления зданий.

## Оперативность

Врезка в теплопровод производится в течение 1 ч, и сразу после этого начинается обогрев помещений. Ликвидация серьезной

аварии с данного момента не лимитируется по времени, отсутствуют материальные, а главное моральные и социальные потери.

В состав оборудования аварийной котельной входят: водогрейные автоматизированные котлы с дизельными, мазутными горелками (или комбинированные на дизель-мазут), пластинчатый теплообменник, блок сетевых насосов, запорная арматура, силовой электрический щит с комплектом автоматических выключателей и магнитных пускателей электродвигателей горелки и насосов, емкость для топлива, дымовая труба, система автоматики безопасности котла и регулирования отпуска тепла.

Для оперативного (20-30 мин.) развертывания котельной предусмотрены выводы прямого и обратного трубопроводов системы отопления и топливоснабжения с фланцевым соединением, дренажного трубопровода и приемное устройство для кабеля электроснабжения.

## Универсальная автономность

Предусмотрена возможность изготовления аварийной котельной с встроенным дизель-генератором, что приводит к полной автономности: выведенные электрозетки позволяют при необходимости подключать аварийно-спасательный инструмент и производить необходимые работы. Дополнительная комплектация может включать: тепловые пушки для аварийного обогрева, гибкие трубопроводы с фланцами на концах, комплект слесарно-монтажного инструмента, набор ЗИПа, компьютерную диспетчеризацию и др.

Кроме предприятий ЖКХ и подразделений МЧС, мобильными котельными Professional на шасси могут заинтересоваться и другие структуры и организации.

Армейские подразделения – в качестве аварийной котельной для оперативного развертывания.

Строительные организации – для выполнения завершающих этапов строительства до пуска основного источника тепла, а также для неоднократного использо-



ования по схеме временного теплоснабжения на других строящихся объектах.

Удаленные поселки – в качестве источника теплоснабжения для вахтовых поселков, бригад геологической разведки и изысканий, часто меняющих свое местоположение.

На автономные блочно-модульные котельные АБМКУ-П Professional существует срок гарантии от 24 месяцев, срок эксплуатации – более 15 лет. Корпорация «Профессионал» предлагает техническое обслуживание АБМКУ-П на всей территории России.

Более четырехсот котельных АБМКУ-П Professional разной комплектации работают на территории РФ от Пскова и Брянска до Камчатки – в Сибири, Татарстане, Подмосковье, на Урале, на олимпийских объектах в г. Сочи; на объектах федеральных, МО, МЧС, РЖД, Газпрома и др.

Использование автономных блочно-модульных котельных АБМКУ-П Professional на автомобильных шасси для аварийного теплоснабжения помогает оперативно решать возникающие ЧС, локализует последствия, которые особенно тяжелы в суровом зимнем климате России.

Россия, 410047, г. Саратов,  
ул. Сибирская, 2А  
Тел/факс: (8452) 66-11-66, 66-06-24,  
66-06-25, 66-06-27 моб. 8-904-706-88-33  
[www.profi-sar.ru](http://www.profi-sar.ru), [www.brend-rf.ru](http://www.brend-rf.ru),  
<http://брэнд-россия.рф>, e-mail: profi-sar@mail.ru

# Системы быстрого монтажа Lovato

Любой монтажник систем отопления знает, что сроки монтажа имеют принципиальное значение при строительстве котельных. Для сокращения этих сроков разработана система быстрого монтажа итальянской компании Lovato – ведущего производителя систем быстрого монтажа (СБМ) котельных.

Преимущества монтажа определяются тем, что при использовании СБМ Lovato устанавливаются готовые блоки заводского изготовления, что исключает сборку (сваривание, скручивание) обвязки котельной из отдельных компонентов на месте ее будущей эксплуатации. Заводская готовность блоков реализуется не только в качестве и быстроте сборки котельной, но и в эстетичности ее внешнего вида, по которому можно судить о профессионализме монтажной фирмы.

Преимущества использования СБМ Lovato:

- Ускорение процесса проектирования – достаточно установить блоки согласно чертежу и избавиться от лишних комплектующих.
- Ускорение процесса монтажа – не надо думать над подбором комплектующих и согласованием их соединительных размеров.
- Эстетичный внешний вид.
- Компактность – все элементы системы подогнаны друг к другу и имеют короткие связи.

• Наглядность – в котельной, собранной при помощи СБМ Lovato, видна роль каждого из элементов.

• Рациональная доставка тепла с минимизацией теплопотерь – каждый элемент защищен теплоизоляцией, передача тепла происходит к приборам отопления, а не расходуется при транспортировке.

• Использование безвредных изоляционных материалов – жесткая теплоизоляция из вспененного полипропилена EPP40 не изменяет своих качеств и не выделяет вредных веществ при температуре эксплуатации до 120 °C.

Основные компоненты СБМ Lovato: гидравлические стрелки, коллекторы, насосные группы, автоматика, фитинги и дополнительные комплектующие.

Стрелки (гидравлические развязки) – служат для ликвидации перепадов давления (особенно в системах с мощными насосами) между подачей и возвратом теплоносителя, между контурами системы отопления, а также для устранения «термоклина» в котле.

Коллекторы – используются для распределения потоков теплоносителя по контурам. Имеют двухкамерную конструкцию для прямой подачи и возврата теплоносителя. По количеству подключаемых групп разделяются на 2-х, 3-х, 4-х, 5-выходные, а также для подключения расширительного бака и группы безопасности.

Насосные группы – служат для циркуляции теплоносителя в определенном контуре (отопления, загрузки бойлера, теплого пола, солнечного коллектора, с теплообменником). Разделяются на прямоточные, с трехходовым смесителем, с терmostатическим смесителем.

Автоматика – применяется для регулирования работы всей системы или отдельных контуров в зависимости от наружной температуры по предварительно установленным графикам.

Вся продукция Lovato адаптирована под российские нормы и требования, имеет полный комплект сертификатов.



# PCVexpo в десятый раз

Т. Сергеев

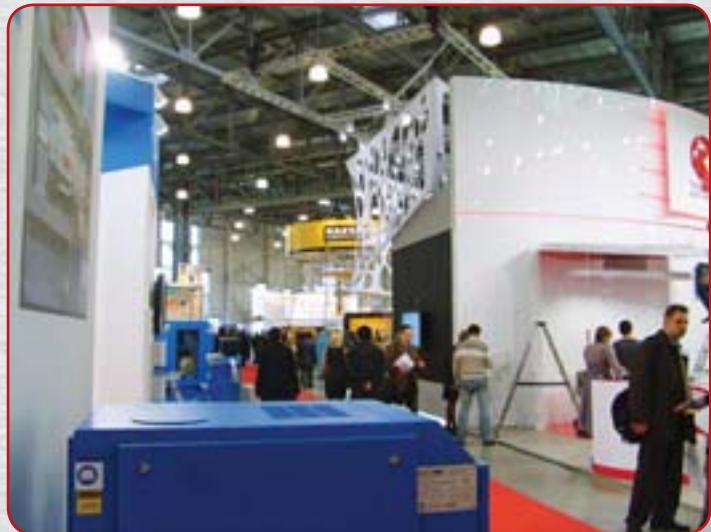
Юбилейная, уже десятая, выставка PCVexpo, на которой традиционно экспонируются насосы, компрессорная техника, пневматика, пневмоинструмент, арматура, приводы, двигатели, уплотнительная техника и литье, открылась 31 октября в московском выставочном центре «Крокус-Экспо». Ее организаторами выступили Международная выставочная компания MVK, а также российские ассоциации – производителей насосов, компрессорщиков и пневматиков, арматуростроителей. Официальным спонсором стала финская компания Högfors.

В этом году экспонировавшаяся продукция была адресована в основном предприятиям нефтехимической промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Сектор бытового оборудования был представлен значительно беднее. Среди экспонентов выставки было много крупнейших отечественных производителей трубопроводной арматуры, насосов, электроприводов, компрессоров, успешно конкурировавших в этих секторах с компаниями-дистрибуторами продукции ведущих зарубежных фирм. Кроме того, на одной выставочной площадке оказывались рядом не так давно работавшие в одном союзном государстве компании из СНГ, хорошо знающие продукцию друг друга и до сих пор не утратившие производственных связей.

Конечно, в представленной фирмами продукции нашел отражение и общемировой тренд «интеллектуализации» оборудования, широкого использования электроники, в частности, частотно-регулируемого электропривода. Уверенное наступление электроники можно было отметить и на других направлениях. Так, компания Ventil (Нидерланды) экспонировала автоматизированные стенды, позволяющие оперативно проводить испытания при серийном производстве всех типов запорной арматуры, предохранительных и регулирующих клапанов, а также мобильные компьютеризированные системы для испытаний предохранительных клапанов в процессе эксплуатации.

Компания «СтройКапитал-Групп» (Москва) демонстрировала 3D-каталог продукции KMC Corporation – запорной арматуры. Этот электронный продукт позволяет получить практически полную визуальную информацию о конкретном изделии: картина в 3D-формате поворачивалась на дисплее разными сторонами, управляемая полиграфической меткой на открытке. А «Завод приборов и средств автоматизации» (Томск) знакомил с интеллектуальным блоком управления, предназначенным для модернизации широкого спектра электроприводов отечественного производства.

Третье направление применения электроники призвано служить насущным целям энергосбережения. Как «новое поколение



энергетической арматуры, созданное на базе ВПК» позиционировало свою продукцию московское НПФ «АТЭК». Научный Центр «Износстойкость» МЭИ (ТУ) предлагал к внедрению на теплоснабжающих предприятиях одну из своих разработок,званную устраниТЬ потери тепла и снизить энергопотребление приводов насосов, обеспечить эффективность как новых, так и уже эксплуатируемых систем теплоснабжения различного назначения при любом качестве теплоносителя. В основе лежит комплексная технология, базирующаяся на использовании свойств экологически безопасных поверхностно-активных веществ.

Отчетливо было заметно присутствие на выставке китайских компаний (особенно в секторе трубопроводной арматуры), экспозиции которых можно было бы, вероятно, объединить общим девизом «можем не хуже!», знаменующим новый этап продвижения товаров для промышленности из поднебесной: от простого присутствия на рынке до заявки на соответствие своей продукции общемировым стандартам.



Заводы выходят на рынки



Клапаны «от ВПК»

В ходе работы международного форума более 300 участников из 20 стран мира получили возможность продемонстрировать свою продукцию. Среди экспонентов такие лидеры отрасли, как: ABB, Atlas Copco, Gardner Daner, FIAC, Kaeser Kompressoren, Bauer Kompressoren, Gemüe, Högfors. На стенах также хорошо знакомая специалистам качественная продукция заводов и научно-производственных компаний России, Белоруссии, Украины – «Атэк», «Балтпромарматура», «Бердский электромеханический завод», «Благовещенский арматурный завод», «Бобруйский машиностроительный завод», «Водоприбор», «Волгограднефтемаш», «Воткинский завод», «Электропривод», «Гипрогазоочистка», «Завод им. Гаджиева», «Завод ПСА «ЭЛЕСИ», «Завод «Знамя труда», «Казанькомпрессормаш», «Курганспецарматура», «Ливнынасос», ЛМЗ «Машсталь», «Могилевский завод «Электродвигатель», «Московский насосный завод», «Насосэнергомаш» (Сумский завод), НПО «ЦВЭРТ», НПФ «ЦКБА», «Олбриссервис», «Омский завод трубопроводной арматуры», «Пензенское конструкторско-технологическое бюро арматуростроения», НПП «Промграфит», «Сарапульский электрогенераторный завод», «Саратовский арматурный завод»,

«Свесский насосный завод», «Сиверский метизный завод», «Спецстроймашина», «Стеклоприбор», «Талнахский механический завод», «Тулазэлектропривод», ФГУП «Турбонасос», НПО «Уралгидропром», «Челябинский кузнечно-прессовый завод», НПП «Электромаш», НПФ «Электропривод», чеховский и сысеретский («Уралгидромаш») «Энергомаш», «Машиностроительный завод «Южуралгидромаш».

Комплексные экспозиции представили Российской ассоциации производителей насосов, Научно-промышленная ассоциация арматуростроителей, концерн «Союзэнерго», корпорация «Сплав», торговые дома и компании-дистрибуторы.

В деловой программе Форума прошли Межотраслевая экспертная сессия (МЭС) «Негативные процессы в арматуростроении. Как переломить ситуацию?», Международная научно-техническая конференция «Эффективность и экологичность насосного оборудования ECOPUMP.RU и инновационное оборудование и технологии в арматуростроении INNOVALVE», конференция «Компрессорная техника и пневматика: разработка, изготовление, эксплуатация», а также ряд презентаций, в частности, инновационного промышленного привода концерна ABB.



Блок управления для отечественного привода



Затворы для промышленных трубопроводов

# Вода в промышленности – 2011

*Вторая Межотраслевая конференция «Вода в промышленности – 2011» состоялась 26 октября 2011 г. в гостинице «Измайлово» (Москва). Она продемонстрировала современное водоочистное оборудование; технологии фильтрования, отстаивания, ультрафиолета, абсорбции, озонирования, глубокого окисления, нанотехнологий, автоматизации систем водоснабжения; приборы контроля качества воды; насосы и арматуру; новейшие решения для очистки, подготовки, снабжения и отведения воды в нефтегазовой отрасли, энергетике, металлургии и других отраслях промышленности.*

Чистая вода является стратегическим сырьем и поэтому проблемы водоочистки и водопользования становятся все более актуальными. Огромную роль вода имеет в промышленности, где применяется в технологических процессах: для охлаждения и нагревания жидкостей, газов и оборудования; как растворитель; для приготовления и очистки технологических растворов; в качестве источника пара для выработки электроэнергии; для транспортировки материалов и сырья по трубам; для удаления отходов и многое другое. Защита воды от загрязнения – одна из важнейших мировых задач, а эффективное и экономичное использование воды в промышленности обозначено как один из приоритетов нашего государства.

Основные темы представленных на конференции докладов:

- Фильтрование, отстаивание, ультрафиолет, абсорбция, озонирование, глубокое окисление, нанотехнологии и новейшие технологии для водоочистки, водоподготовки, водоснабжения и водоотведения в промышленности.
- Механические, электрические, биологические и химические методы очистки воды.
- Энергоэффективные технологии и оборудование для водоподготовки и водоочистки.
- Повышение качества воды, доочистка. Замкнутые системы водопользования.
- Проектирование и эксплуатация канализационных очистных сооружений.
- Обработка, стабилизация и утилизация осадка сточных вод.
- Насосы и арматура для систем водоснабжения, водоподготовки и водоочистки.
- Инновационные решения для трубопроводных систем.

Полимерные трубы.

- Контроль содержания загрязнений в воде. Отечественные и зарубежные контрольно-измерительные приборы для анализа воды.

- Автоматизация систем водоснабжения, водоподготовки и водоочистки.

Генеральным спонсором конференции выступила компания ООО «ВЕДЕКО Центр». Спонсоры конференции: ООО «ИНТЕХЭКО», ООО «ТИ-Системс». Участие в работе конференции приняло более 180 делегатов от ведущих промышленных предприятий, производителей водоочистного оборудования, инженеринговых и сервисных компаний, НИИ, институтов и СМИ.



В холлах конференц-залов проводилась выставка, на которой делегаты конференции смогли поближе познакомиться с некоторыми из технологий, решений и оборудованием для систем водоочистки и водоподготовки, в том числе на стендах компаний: ООО «ВЕДЕКО Центр», ITT WEDECO (Германия), ЗАО «Юнимет», ООО «Фирма Альт Групп», ЗАО «БАЙЕР», ООО «ИНТЕХЭКО», ООО «ТИ-Системс», ООО «Вило Рус», ЗАО «ДАКТ-Инжиниринг», ООО «ЭнВиСи КАРБОН», ООО «КСБ», ЗАО «Макошь», АО «Венибе» (Литва), ООО «ТД ГалаХим».

В рамках конференции проведены презентации решений и современного оборудования практически всех технологических стадий водопользования в промышленности: устно были представлены 27 докладов, а еще 11 докладов – на стенах и заочно.

Конференция прошла в конструктивном ключе и предоставила уникальную возможность для обмена знаниями и опытом, дала новые импульсы и контакты ее участникам, позволила комплексно рассмотреть практически все вопросы реконструкции и модернизации установок и систем водоподготовки, водоснабжения, водоотведения и водоочистки в промышленности. Следующая, Третья Межотраслевая конференция «Вода в промышленности – 2012» состоится 30–31 октября 2012 г. в гостинице «Измайлово».

Условия участия, фотографии, сборники докладов и каталоги предыдущих мероприятий, а также всю дополнительную информацию см. на сайте: <http://www.intecheco.ru/>

# **КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ**

---

## **BOILERS AND BURNERS**



ufi  
Approved  
Event

# X МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

При поддержке:



Организатор выставки:



тел: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37  
gas2@orticon.com, www.farexpo.ru

Соорганизаторы:



Генеральный информационный партнер:



Стратегический информационный партнер:



Место проведения:

Выставочный комплекс **Ленэкспо**  
Санкт-Петербург, Большой пр. В.О., 103

**6-8 ИЮНЯ**  
Санкт-Петербург **2012**

# Издательский центр АКВА·ТЕРМ

Тел./факс: +7 (495) 751-67-76 |

e-mail: podpiska@aqua-therm.ru |

сайт: www.aqua-therm.ru |

Уважаемые читатели!

**Начинается подписка на журналы Издательского Центра «Аква-Терм» на 2012 год.**

Оформить подписку, а также заказать литературу Вы сможете, заполнив данную ниже форму и отправив ее в издательство по указанному телефону или e-mail.



## Наименование изданий

## Цена

## Количество

Годовая подписка на 2011 год на журнал «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» (5 экз.)\*\*

2875 руб.

Годовая подписка на 2011 год на журнал «Аква-Терм» (6 экз.) с приложением «Эксперт» (4 экз.)\*\*

2606 руб.

Книга «Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы»

300 руб.

Книга «Русская отопительно-вентиляционная техника»

249 руб.

Справочник-каталог «Горелки»

450 руб.

Брошюра «Твердотопливный котел в вашем доме»

150 руб.

Брошюра «Что нужно знать при выборе котла»

30 руб.

Брошюра «Гидроаккумуляторы и расширительные баки»

150 руб.

Брошюра «Как отопить загородный дом»

60 руб.

Брошюра «Отопительные приборы и поверхности»

200 руб.

Диск «Осветлители воды»

350 руб.

\*Подробности акции на [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru)

\*\*Журналы в электронной версии можно заказать на [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru)

## Информация о компании-заказчике

1. Наименование компании: \_\_\_\_\_

2. ИНН/КПП/ОКПО: \_\_\_\_\_

3. Адрес для счет-фактур: \_\_\_\_\_

4. Адрес почтовой доставки:

индекс: \_\_\_\_\_ область, район: \_\_\_\_\_

населенный пункт (город, село): \_\_\_\_\_ улица: \_\_\_\_\_

дом: \_\_\_\_\_ корп./стр.: \_\_\_\_\_ офис: \_\_\_\_\_

Телефон/Факс (код города): \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

Контактное лицо (ф.и.о., должность): \_\_\_\_\_

**Подписка в почтовом отделении:** по каталогу «Газеты. Журналы» (подписной индекс 37174);  
по каталогу «Пресса России» (подписной индекс 26182)

# baltur

## Промышленные горелки

BGN

GI

IBR

ГАЗ

BT

GI

IBR

ДИЗЕЛЬ/МАЗУТ

COMIST

GI MIST

IBR

КОМБИ

- Высокоэффективный вентилятор
- Широкий диапазон мощности
- Частотное регулирование электродвигателя
- Низкое электропотребление
- Высокие экологические характеристики
- Простота эксплуатации
- Регулирование геометрии пламени
- О<sub>2</sub> и СО регулирование



Tel.: +7 (495) 992-69-89

E-mail: sales@baltur.su

[www.baltur.su](http://www.baltur.su)

# Независимость Вашего комфорта

Компания ACV изготавливает отопительное оборудование на любом виде топлива.

- сжиженный газ;
- дизельное топливо;
- электричество;
- твердое древесное топливо;
- уголь;
- природный газ.

With the future in mind\*

\* - С заботой о будущем



Электрические котлы 9 – 256 кВт



Дизельные котлы 25 – 1200 кВт



Пеллетные котлы 25 – 500 кВт

ACV Rus  
125424, Россия  
Москва, Волоколамское ш.73  
т. (499) 272 1965  
ф. (495) 545 5806  
mos@acv.com  
www.acv.com



excellence in hot water