

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

3 (13)' 2012

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



Котельные

Обзор рынка

Водоподготовка

Водотрубные котлы  
в промышленной  
энергетике  
8

Горелки  
с модулируемым  
регулированием  
32

Ионообменные  
фильтры в практике  
водоподготовки  
40

# Почему Vaillant?

Потому что мы знаем как обеспечить максимальную эффективность работы вашей котельной



## Преимущества отопительных систем Vaillant:

- Компактные размеры при высокой мощности
- Не требуют отдельного помещения
- Возможность каскадного решения до 8 настенных котлов
- Модельный ряд с широким диапазоном мощности
- Для отопления и горячего водоснабжения
- Для установки в строящихся домах, а также для замены и модернизации старых котельных
- Широкая линейка принадлежностей, обеспечивающая быстрый и качественный монтаж
- Вариативность дымоходных систем





# Vaillant



СДЕЛАНО В  
ГЕРМАНИИ



Настенные конденсационные котлы ecoTEC plus  
Система управления отоплением calorMATIC 630/3  
Система каскадного дымохода для модели ecoTEC plus

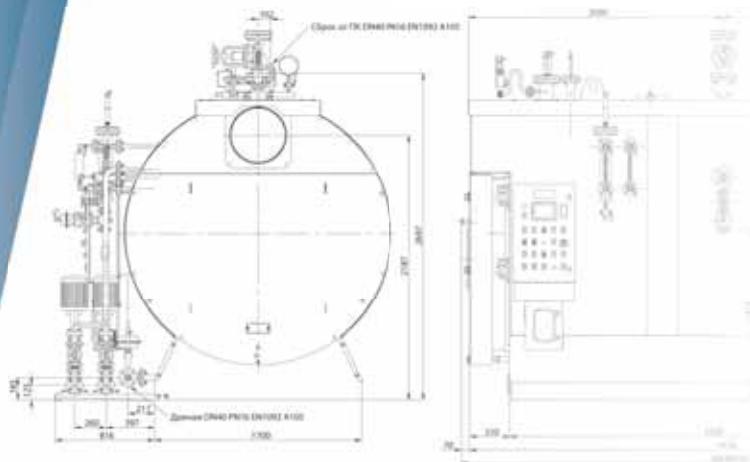
## Система управления отоплением calorMATIC 630/3

- Погодозависимое регулирование
- Управление каскадом котлов
- Управление отоплением и горячим водоснабжением
- Возможность недельного программирования циклов
- Размещение модуля управления в любой точке здания
- Дружелюбный интерфейс с подсветкой
- Интеллектуальное управление горелкой котла
- Возможность подключения до 15 контуров



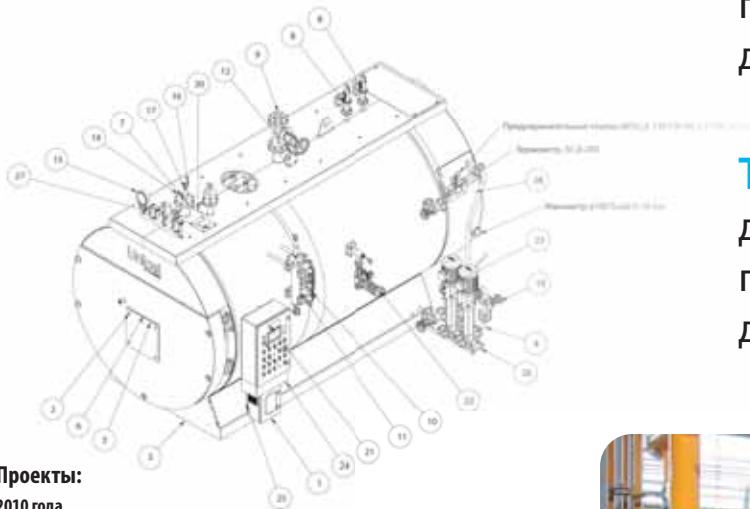
[www.vaillant.ru](http://www.vaillant.ru)

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



### BAHR'UNO

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



### TRYPASS'12/15

давление до 12/15 бар  
паропроизводительность  
до 21 600 кг/ч

#### Проекты:

##### 2010 года

- 8,00 т/ч - ОАО «Прохоровский комбикормовый завод», Белгородская обл., пос. Прохоровка  
1,25 т/ч - 000 «Молочные Эко Фермы», Белгородская область  
0,50 т/ч - 000 «Промбетон», г. Орел  
6,25 т/ч - ОАО «КонсервСушПрод», Брянская обл., г. Стародуб  
0,50 т/ч - 000 «Кондитерская фабрика «Богатырь», г. Зеленоград

##### 2011 года

- 9,0 т/ч - ОАО «Прохоровский комбикормовый завод», Белгородская обл., пос. Прохоровка  
0,5 т/ч - «Текстильная Фабрика», Республика Чувашия, г. Чебоксары  
6,0 т/ч - 000 «Кольшлейский завод СОМ», г. Пенза  
3,0 т/ч - ОАО «Шебекинский маслодельный завод», Белгородская обл., г. Шебекино  
5,0 т/ч - 000 «Деревообрабатывающий завод», Республика Адыгея, г. Майкоп  
1,5 т/ч - 000 «Интерфлексо-М», Московская обл., г. Климовск

##### февраль 2012 года

- 6,0 т/ч - «Винный завод», Республика Адыгея, г. Майкоп



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



## Содержание

- 8** Водотрубные котлы в промышленной энергетике
- 12** Компенсация температурных удлинений трубопроводов
- 14** Каскадная котельная Vaillant: отопление и ГВС гипермаркета электроники «Техно Терра»
- 18** Система Акваклёр® повышает эффективность Назаровской ГРЭС
- 22** Перспективы строительства мини-ТЭС на газе угольных пластов
- 26** Реализация проекта установки паровинтового агрегата ПВМ-1,0
- 30** Новости когенерации
- 32 Горелки с модулируемым регулированием**
- 36** Оценка мощности выбросов в атмосферу при сооружении газовых котельных
- 40 Ионообменные фильтры в практике водоподготовки**
- 44** Ионообменные свойства синтетических ионитов (ионообменных смол)
- 48** «Русфильтр» подписал лицензионное соглашение с Dow Chemical
- 50** Промышленный сегмент на SHK – ISH Moscow 2012
- 52** Теплоэнергетика XXI века



- 53** Конгресс «Биомасса: топливо и энергия – 2012»
- 54** Водотрубные паровые котлы в Интернете
- 58** Блочно-модульные установки Magistral для пароконденсатных систем
- 59** Горелки ГБЛ: экономия топлива на котлах серии ДКВр
- 60** «Теплостройпроект-С»: с нами светло, тепло и надежно
- 62** Такие разные дымоходы
- 63** Электронное управление горелок F.B.R.
- 64** Funke – мировой бренд теплообменного оборудования

Настоящий номер журнала («ПКМ» 3 (13) 2012) готовился к X Международной специализированной выставке по теплоэнергетике «Котлы и горелки»/Boilers and Burners, которая проходит с 4 по 6 июня в Санкт-Петербурге. Соответственно, тематика выпуска посвящена котлам и горелочным устройствам промышленной мощности. В разделе «Котельные» рассказывается о водогрейных котлах, прежде всего ДКВр и ДЕ, получивших самое широкое распространение в российских котельных. В новой рубрике «Репортаж с объекта» рассматривается пример создания каскадной котельной на основе настенных конденсационных котлов, ставших за последние год-два одним из основных трендов отопительного рынка. В разделе «Обзор рынка» приводится информация о современных газовых моделируемых горелочных устройствах, которые можно было встретить на стенах ведущих производителей на выставках Aqua-Therm Moscow 2012 и SHK – ISH Moscow 2012.

В разделе «Электростанции и когенерация» мы продолжаем тему перевода котельных в режим мини-ТЭЦ рассказом о реализации проекта с применением паровой винтовой машины, о которой была статья в январском номере («ПКМ» 1 (11) 2012). Не остались без внимания и вопросы утилизации биомассы, древесных отходов, попутного газа, которые мы затрагиваем постоянно. В этом номере рассказывается о создании мини-ТЭС на метане угольных шахт.

Алексей Прудников

Генеральный директор  
Лариса Шкарабо  
E-mail: [magazine@aqua-therm.ru](mailto:magazine@aqua-therm.ru)

Главный редактор  
Алексей Прудников  
[prom@aqua-therm.ru](mailto: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](mailto:sales@aqua-therm.ru)

Елена Коноваленко  
E-mail: [market@aqua-therm.ru](mailto:market@aqua-therm.ru)

Елена Демидова  
E-mail: [ekb@aqua-therm.ru](mailto:ekb@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

Федеральная служба  
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.  
Per. № ПИ № ФС77-41685  
Тираж: 7 000 экз.  
Отпечатано в типографии  
«PRESTO PRO»

Полное или частичное воспроизве-  
дение или размножение каким бы  
то ни было способом материалов,

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

Фото на 1-й стр. обложки:  
F.B.R. [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)

## Российская разработка на Hannover Messe-2012

На проходившей с 23 по 27 апреля выставке Hannover Messe-2012 (Германия) в рамках Дня России был представлен совместный проект Томского политехнического исследовательского университета и лауреата международной энергетической премии «Глобальная энергия» в 2007 г. профессора Торстейнна Инги Сигфуссона (Исландия). Это топливные ячейки, способные выделять водород из воды в результате процесса электролиза с нулевыми показателями выброса вредных веществ в атмосферу. При этом их отличают хорошие показатели эффективности, характеризующиеся меньшим потреблением энергии в ходе работы, и высокая производительность – от 60 до 70 % энергии топлива непосредственно превращается в электричество. Технология топливных ячеек может быть реализована в автомобилях для снижения выбросов CO<sub>2</sub>, использоваться как источник питания для распределительных энергоблоков. Высокомощные топливные ячейки могут быть задействованы в качестве резервных генераторов, также они подходят для промышленного применения на ТЭЦ.

## Новая ГТУ от Pratt & Whitney

Компания Pratt & Whitney Power Systems (США) представила ГТУ нового поколения – FT4000 Swiftpac, которая конструктивно базируется на широко применяемом турбовентиляторном авиадвигателе класса PW4000, имеющем наработку парка 26 млн ч (850 двигателей на крыле авиалайнеров Аэробус A330 и Боинг 777). Установка FT4000 Swiftpac состоит из силовых блоков мощностью 60 и 120 МВт, может работать в простом или когенерационном цикле, обеспечивая самую высокую мощность среди ГТУ, созданных на основе авиадвигателей. Конструкция Swiftpac предполагает

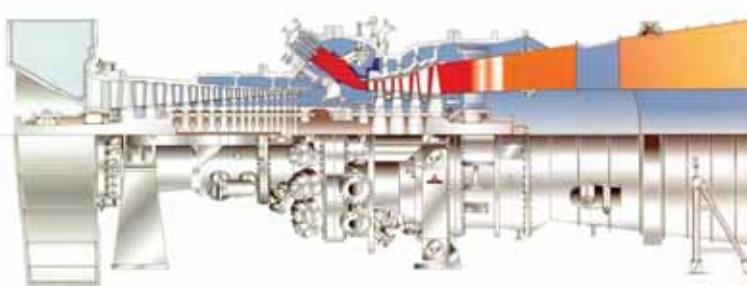
две конфигурации – 60 МВт с одним двигателем и 120 МВт с двумя двигателями. Новинка использует модифицированный компрессор газогенератора и турбину ТВД, сохраняя 90-процентную унификацию с двигателями PW4170 и PW4090. Компрессор низкого давления и силовая турбина спроектированы для долговременной эксплуатации и ремонтопригодности в условиях площадки. Улучшенная конструкция аэродинамических профилей и изменяемая геометрия проточной части позволяют оптимизировать технические характеристики. Новый пэкидж обеспечивает влажную компрессию для улучшения характеристик выше норм ISO и обеспечивает КПД выше 41 % без промохлаждения. Выпуск первого прототипа планируется в 2013 г., полномасштабное производство компания рассчитывает начать с 2014 г.



## Новая газотурбина от МHI

Компания Mitsubishi Heavy Industries (Япония) представила новую модификацию газовой турбины M701F5 с температурой газа на входе 1500 °C. Новинка обеспечивает минимальные уровни эмиссии NO<sub>x</sub> и CO, ее мощность в простом цикле составляет 350, в комбинированном – 520 МВт. Термический КПД достигает 61 %. Версия M701F5 создана на базе газотурбины M701F4, показавшей хорошие результаты при эксплуатации: на данный момент работают 182 газовые турбины M701F4 с общей наработкой более 7 млн ч. При модернизации была сохранена конструкция ряда компонентов, в частности,

использован компрессор турбины M701F4, в котором изменен только профиль последних рядов с применением технологий NACA1 и CDA2. Существенной модернизации подверглись камера сгорания и силовая турбина. При этом использовались технологии, разработанные для газовой турбины M701J. В настоящее время закончены полномасштабные испытания новой модификации, и началась подготовка серийного производства энергоблоков на ее основе. Первые поставки газовой турбины M701F5 заказчикам начнутся в середине 2012 г.



## Новый завод мембранных баков

Компания UNIGB VAREM-EAST (Италия) открыла производство расширительных мембранных баков в г. Кромы (Орловская обл.), включающее линии формовки, сварки и окраски изделий по итальянской технологии. Для изготовления мембран применяются резины: SBR (температурный диапазон от -50 до +100 °C; используется в расширительных баках систем отопления), EPDM (диапазон от -50 до +130 °C, применяется в автоклавах Varem емкостью 19 и 24 л) и бутиловая резина IIR (от -40 до +130 °C, баки питьевой холодной и бытовой горячей воды). Номинальное давление у расширительных баков UNIGB VAREM-EAST указывается в 5 и 6 бар.



## Новый газоанализатор Casper

Компания Seitron (Италия) предложила новинку российского рынка – переносной газоанализатор Casper для анализа отходящих газов и настройки режима горения газогорелочных устройств, разработанный с учетом использования в промышленных условиях: при наладке и обслуживании промышленных котлов, при пуске топливосжигающих систем доменных печей и пр. Модель Casper 200 имеет две встроенные ячейки для измерения значений O<sub>2</sub> и CO; модель Casper 300 – три ячейки для замеров O<sub>2</sub>, CO и NO. Приборы можно использовать при сжигании семи основных видов топлива: природный газ, мазут, сжиженный газ, солярка, бутан, пропан, древесина. При необходимости к ним можно добавить еще 16 типов топлива, коэффициенты горения которых известны.

## Стальные шаровые краны от АДЛ

На выставке SHK Moscow 2012 компания АДЛ представила новые стальные шаровые краны БИВАЛ®, предназначенные для систем тепло-, газо-, холодоснабжения и для промышленности. Данная линейка запорной трубопроводной арматуры выпускается диаметрами от 15 до 500 мм и давлением 16, 25 и 40 бар, имеет диапазон рабочей температуры от -40 до +200 °C. Изделия окрашены специальной термостойкой эмалью, выдерживающей t до 200 °C и обладающей высокой стойкостью к возникновению царапин. Шаровые краны БИВАЛ® выпускаются в исполнении под резьбу, сварку и фланец; предлагаются также модели с удлинением штока для бесканальной прокладки (до 5 м).



**КОТЕЛЬНЫЕ EnergyPoint**

**ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ EnergyPoint**

**РЕЗЕРВУАРЫ EnergyPoint**

ООО «ЛАИН Технологии»  
127566, г. Москва, Алтуфьевское ш., д. 48., к. 2  
Тел./факс: +7 (495) 620-59-37, 973-66-51  
E-mail: [laintech@mail.ru](mailto:laintech@mail.ru)  
[www.laintech.ru](http://www.laintech.ru)  
[www.energypoint.ru](http://www.energypoint.ru)

## Мини-ТЭЦ «Центральная» для саммита АТЭС

ОАО «Дальневосточная энергетическая управляющая компания» (ДВЭУК), осуществляющая подготовку энергетической инфраструктуры к саммиту АТЭС во Владивостоке, ввела в эксплуатацию мини-ТЭЦ «Центральная» и распределительную электросеть 35 кВ на о. Русский, которые обеспечат теплом и электроэнергией объекты Дальневосточного федерального университета (ДВФУ). В настоящее время к несению нагрузки по тепловой энергии готовы четыре водогрейных котла мини-ТЭЦ. Ранее специалисты ОАО «ДВЭУК» ввели два водогрейных котла мини-ТЭЦ «Северная», а также провели гидравлические испытания построенной теплотрассы, совокупная протяженность которой составила 5,4 км. Всего компания должна построить три мини-ТЭЦ общей мощностью 55,8 МВт и 165,218 Гкал/ч.



## Олимпийская газопоршневая ТЭС

Руководители энергетического блока Международного Олимпийского комитета (МОК) Джон Пол Жанкарло и Дмитриос Бейс осуществили комплексную проверку энергосистемы г. Сочи с точки зрения ее способности обеспечить проведение Олимпиады в 2014 г. Особое внимание проверяющих привлекла к себе Кудепстинская ТЭС, которая должна стать ключевым звеном в энергоснабжении Сочи в 2014-м и последующие годы. На ее долю придется более трети генерации сочинского энергоузла. К тому же, Кудепстинская ТЭС станет крупнейшей в мире газопоршневой электростанцией: ее мощность составит 367 МВт (три независимых автономно работающих энергоблока – 147, 110 и 110 МВт). Запуск Кудепстинской ТЭС запланирован на конец 2013 г.; на данный момент работы по тепломеханической части проекта выполнены на 80 %. По оценкам российских участников встречи, экспертам МОК понравился проект станции. Были отмечены экологические инновации: станция спроектирована так, что не нуждается в заборе воды из внешних водоемов, каких-либо выбросов в р. Кудепсту также не будет. Все экологические нормативы, как российские, так и европейские, соблюdenы с большим запасом.

## В рамках Киотского протокола

Минэкономразвития РФ наделило статусом проектов совместного осуществления в рамках Киотского протокола три энергоблока ОАО «Фортум» на Челябинской ТЭЦ-3 и Нязанской ГРЭС, суммарная установленная мощность которых составляет 1 054 МВт. Сокращение выбросов парниковых газов составит около 1,4 млн т к концу 2012 г. Помимо этого, аналогичный статус получили два проекта на Первомайской ТЭЦ-14 и Южной ТЭЦ-22 Санкт-Петербурга, входящие в ОАО «ТГК-1», 25 % которой принадлежит Fortum. Корпорация получит право использовать полученные единицы сокращенных выбросов в системе торговли квотами Европейского союза или продать их на рынке. Ранее, в декабре 2010 г., новый энергоблок мощностью 190 МВт, построенный Fortum на Тюменской ТЭЦ-1, и проект по реконструкции гидроэлектростанций филиала «Невский» ТГК-1 были одобрены в качестве проектов совместного осуществления. Масштабная инвестиционная программа Fortum в России оценивается в 2,3 млрд евро, ее цель – увеличение совокупной установленной мощности примерно на 2400 МВт к концу 2014 г.. Три из восьми инвестиционных проектов уже реализованы. До конца 2014 г. Fortum завершит строительство на Урале и в Западной Сибири еще пяти парогазовых энергоблоков на станциях, входящих в состав ОАО «Фортум».



[ Воздух ]

[ Вода ]

[ Земля ]

[ Buderus ]

Промышленные  
котлы до 19 200 кВт

## Эксперт в области энергоэффективных решений

Товар сертифицирован. На праواх раскрыты.

Buderus – это эксперт и комплексный поставщик энергоэффективных систем отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования, генерации одновременно электрической и тепловой энергии, в том числе оборудования на возобновляемых источниках энергии. Современное инновационное оборудование Buderus позволяет значительно снизить потребление энергии и сократить вредное воздействие на окружающую среду.



Блокные газовые электростанции  
Loganova

Тепло – это наша стихия

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

Телефон горячей линии +7 495 510 33 10

**Buderus**



Паровые котлы, которые устанавливают в промышленных и отопительных котельных, можно разделить на два вида: жаротрубные (жаротрубно-дымогарные) и водотрубные. Последним отдается предпочтение при сооружении крупных котельных или районных тепловых станций (РТС).

## Водотрубные котлы в промышленной энергетике

В. Котлер, к.т.н., И. Рыжий

Первые котлы, которые использовались не только для приготовления пищи, но и для получения пара, появились в XVII в. Быстрое развитие промышленности в XVIII в. потребовало большого количества надежных и эффективных котлов, способных вырабатывать пар повышенного давления. Так появились стальные агрегаты с топкой внутри цилиндрического котла, получившие название жаротрубных. Позже, для увеличения теплопередающей поверхности, объем, занятый водой, стали насыщать дымогарными трубками, что значительно снизило температуру уходящих газов и тем самым повысило КПД котлов. Но и жаротрубно-дымогарные котлы имели серьезный недостаток: наличие крупного сосуда, содержащего большой объем горячей воды. Даже при невысоком вну-

треннем давлении разуплотнение такого сосуда приводило к мгновенному вскипанию воды и, как результат, – к катастрофическим последствиям. Именно это обстоятельство предопределило переход в XIX в. к водотрубным котлам, в которых горячими газами обогревается не массивный цилиндр, а большое число труб малого диаметра, через которые проходит вода.

Важным фактором постепенного перехода к водотрубным котлам была не только проблема безопасности, но еще и чисто технологическая особенность: как известно, расход металла на детали котла, подверженные внутреннему давлению, зависит от диаметра цилиндрических частей, из которых компонуются поверхности нагрева. Поэтому для снижения массы металла выгодно

применять трубы возможно меньшего диаметра.

И еще одной важной причиной широкого распространения водотрубных котлов явилось наличие внешней топки (не спрятанной внутри жаровой трубы). Это позволило сжигать в водотрубных котлах низкокачественные, многозольные и влажные сорта топлив (сжигать газ или жидкое топливо стали значительно позже).

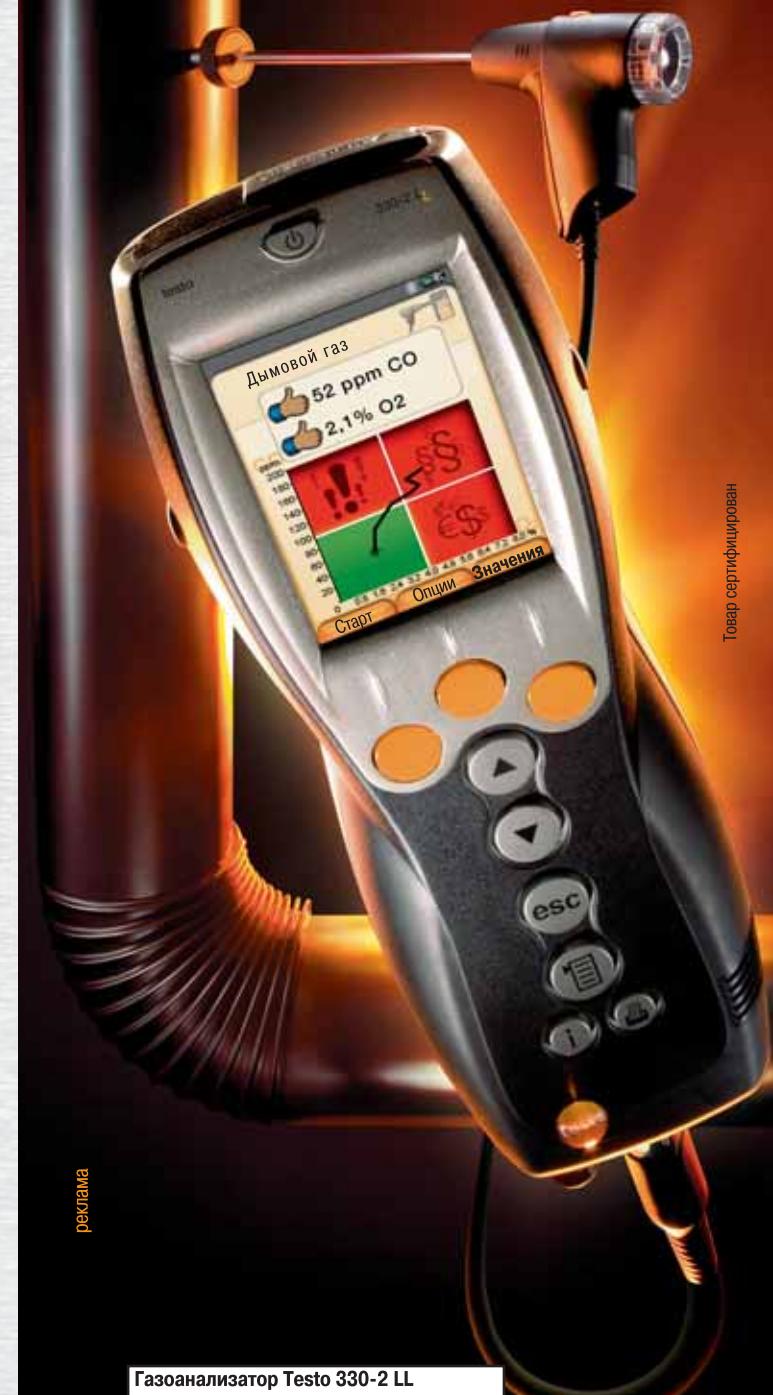
На рис. 1 показан один из первых водотрубных котлов в России, разработанный инженером Шуховым. Применение труб малого диаметра позволило значительно интенсифицировать процесс теплопередачи. Конечно, высокие тепловые потоки в топке потребовали тщательно рассчитывать котел на циркуляцию. Кроме того, более высокие требования стали предъ-

We measure it.



testo 330 LL - графическая визуализация данных измерений:

## Анализ дымовых газов ПОНЯТНЫЙ с первого взгляда!



Товар сертифицирован

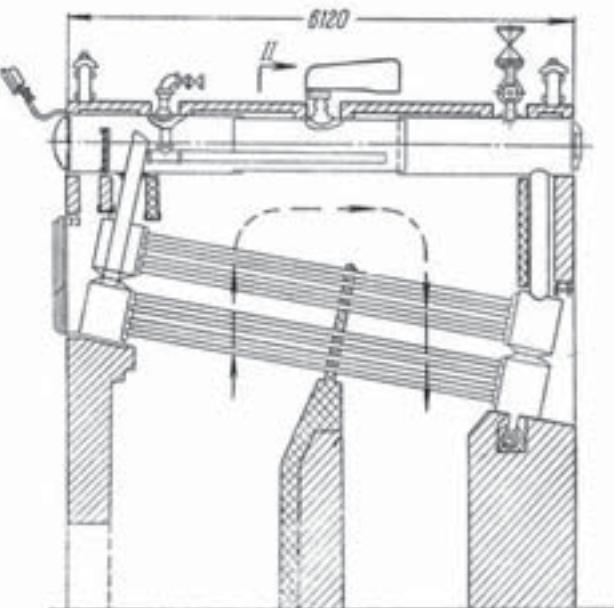


Рис. 1

Однобарабанный водотрубный котел для промышленных котельных представлен на рис. 2. В отличие от горизонтально-водотрубного котла, изображенного на рис. 1, этот котел называется вертикально-водотрубным. В обоих случаях обязательным элементом котлов является барабан, в котором происходит сепарация воды и пара. По опускным необогреваемым трубам вода из барабана опускается к нижним коллекторам, а из них – поступает в трубы топочных экранов, воспринимающих тепловой поток от факела (при факельном сжигании газа, мазута или угольной пыли) или от высокотемпературных продуктов горения кускового твердого топлива, сгорающего на неподвижной или механической решетке. Движение пароводяного потока по контуру «барабан – опускные трубы – обогреваемые подъемные трубы – барабан» осуществляется в результате естественной циркуляции: гидравлическое сопротивление циркуляционного контура преодолевается за счет полезного напора, создаваемого в результате разности плотностей воды (в опускных трубах) и пароводяной смеси (в подъемных обогреваемых трубах).

Серьезным недостатком горизонтально-водотрубных котлов явилась слабая циркуляция воды в верхних рядах кипятильных труб, объединенных одной секцией (что обуславливалось их разной тепловой нагрузкой). При больших форсировках это приводило к опрокидыванию циркуляции или застою воды и, как следствие, – к пережогу кипятильных труб. В вертикально-

### 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)

Табл. Параметры котлов серии ДЕ-ГМ

Наименование котла	Паропроизводительность, т/ч	Рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>	Температура пара, °С	
			насыщенного	перегретого
ДЕ-4-14ГМ/3	4	14	194	225
ДЕ-6,5-14ГМ/3	6,5	14	194	225
ДЕ-6,5-24ГМ/3	6,5	24	220	250
ДЕ-10-14ГМ/3	10	14	194	225
ДЕ-10-24ГМ/3	10	24	220	250
ДЕ-16-14ГМ/2	16	14	194	225
ДЕ-16-24ГМ/2	16	24	220	250
ДЕ-25-14ГМ/1	25	14	194	225
ДЕ-25-24ГМ/1	25	24	220	250

водотрубных котлах вследствие большей надежности циркуляции создавалась возможность повышения форсировки

поверхности нагрева и мощности котла в целом.

В послевоенные годы в СССР широкое распространение получили двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы ДКВР, которые выпускал созданный в 1942 г. Бийский котельный завод. Долгие годы котлы ДКВР паропроизводительностью от 2,5 до 20 т/ч на давление до 1,3 МПа составляли основу промышленных и отопительных котельных по всей стране.

На рис. 3 показан котел ДКВР-20/13, который имеет два продольных барабана диаметром по 900 мм. Верхний барабан более длинный: он используется для вальцовки труб как кипятильного пучка (в задней части), так и топочных экранов (в передней части). Диаметр кипятильных труб был принят равным 51×2,5 мм. Боковые стенки топки полностью экранированы,

а после выхода из топки продукты сгорания поступали в конвективные испарительные поверхности нагрева.

В течение многих лет котлы ДКВР выпускались с номинальной паропроизводительностью от 2,5 до 20 т/ч на давление 1,28 МПа (13 кгс/см<sup>2</sup>). Некоторые модификации котлов большей паропроизводительности имели дополнительные поверхности нагрева: пароперегреватель и экономайзер. При сжигании газа или мазута, а также при сжигании твердого топлива на механической решетке подогрев воздуха отсутствовал.

Вся серия унифицированных котлов типа ДКВР имела общую конструктивную схему, включающую испарительную систему с верхним и нижним барабаном, с коридорным расположением труб в конвективных испарительных пучках, омываемых горизонтальным потоком газов при наличии нескольких его поворотов. При наличии пароперегревателя его обычно выполняли из горизонтальных труб диаметром 32×3 мм и располагали после второго или третьего ряда труб первого конвективного пучка. На некоторых котлах ДКВР в целях снижения температуры уходящих газов устанавливали экономайзер и при необходимости снижения потерь от механического и химического недожога – еще и воздухоподогреватель.

Водотрубные котлы ДКВР, кроме ряда эксплуатационных достоинств, имели и существенные недостатки. Так, например, котлы Бийского завода отличались высокой металлоемкостью, плохой транспортабельностью и большой длительностью монтажа. Исследования, проведенные еще в 80-е гг., показали, что между поставкой котла и вводом его в эксплуатацию проходит значительное время: в некоторых случаях срок монтажа достигал от 6 до 10 месяцев. В те же годы высокий уровень комплектности и заводской готовности аналогичных по мощности зарубежных котлов обеспечивал весьма сжатые сроки их монтажа: котлы фирмы Foster Wheeler, например, можно было смонтировать в течение нескольких дней.

Все это привело к необходимости усовершенствовать паровые водотрубные котлы, и в конце прошлого века БКЗ перешел на выпуск серийных газомазутных котлов типа ДЕ. Основные пара-

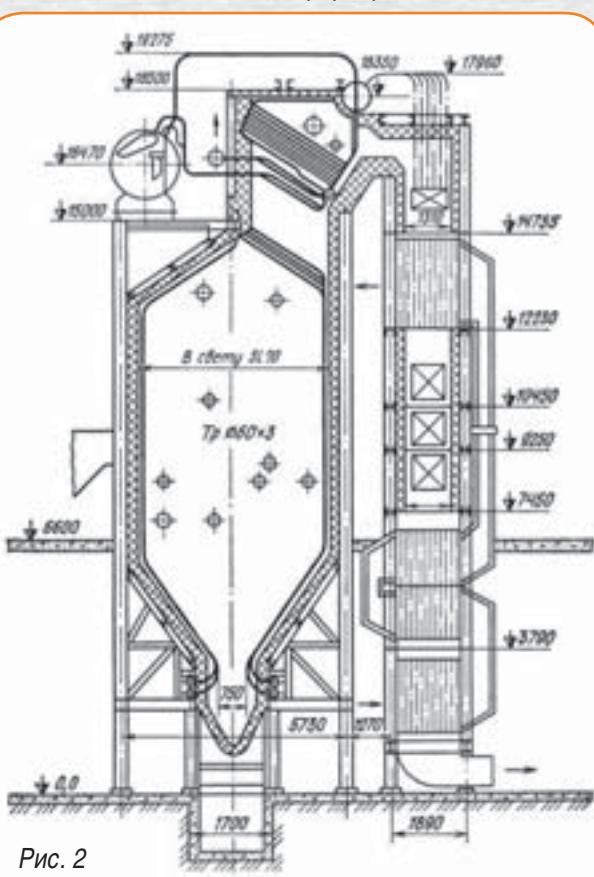


Рис. 2

метры котлов серии ДЕ-ГМ приведены в таблице.

Эти котлы имели по два барабана одинаковой длины, соединенных между собой пучком гнутых кипятильных труб. Топочная камера для газообразного и жидкого топлива была размещена рядом с пучком труб параллельно осям барабанов. Дымовые газы из топочной камеры направлялись в конвективный пучок через проход в конце топки по всей высоте кипятильных труб. Конвективный пучок был отделен от топочной камеры глухой мембранный стенкой, выполненной из кипятильных труб с вваренными между ними стальными полосками. После конвективного пучка дымовые газы направлялись в экономайзер и далее – в дымовую трубу. Общий вид самого крупного котла этой серии – ДЕ-25-14ГМ показан на рис. 4.

Габариты основного блока этого котла (длина, ширина и высота) были равны: 8,5×3,15×4,0 м. Все остальные котлы этой серии, вплоть до ДЕ-4-14ГМ имели такие же ширину и высоту (3,15 и 4,0 м), но их длина снижалась пропорционально паропроизводительности (до 3,2 м у котла ДЕ-4-14ГМ).

Удельный расход металла под давлением на 1 т паропроизводительности в этих котлах оказался примерно на 10 % меньше, чем в котлах ДКВР. Кроме того,

повышение блочности поставки котлов ДЕ значительно сократило сроки монтажа. Однако небольшая ширина топочной камеры в котлах ДЕ создавала некоторые трудности, особенно при сжигании мазута.

Для промышленных и отопительных котельных с небольшим расходом пара представляют интерес водотрубные котлы серии Е, выпускаемые Монастырщенским Заводом Котельного Оборудования. Серия этих котлов низкого давления (0,8 МПа) включает мазутные, газовые и газомазутные котлы паропроизводительностью от 1,0 до 2,5 т/ч. Температура насыщенного пара за котлом – 175 °С. Котлы оборудованы блочными автоматизированными горелками фирмы СИВ

UNIGAS (Италия). Важным преимуществом этих водотрубных котлов является их поставка единным транспортабельным блоком в собранном виде, в обмуровке и обшивке. Масса самого крупного котла этой серии – ГМН (Э) – Е-2,5-0,9 всего 6 400 кг, а габаритные размеры (Д×Ш×В) – не более 5,35×2,45×3,2 м.

Этот же завод изготавливает паровые котлы среднего давления. Вертикально-водотрубные двухбарабанные котлы выдают потребителю насыщенный пар с температурой 194 °С и абсолютным давлением 1,4 МПа. Топка котла имеет газоплотные экраны, а наличие экономайзера снижает температуру уходящих газов. Максимальная заводская готовность котлов позволяет осуществлять поставку единным транспортабельным блоком в собранном виде, в обмуровке и обшивке. В результате уменьшаются затраты при монтаже. Максимальный в этой серии котел Е-10,0-1,4ГМ (Э) имеет паропроизводительность до 10 т/ч, КПД на газе/мазуте достигает 94/91 %, а габариты котла всего лишь 6,53×3,96×4,5 м (Д×Ш×В). Эффективное сжигание как газа, так и мазута обеспечивается за счет использования блочной автоматизированной горелки СИВ UNIGAS. Все котлы имеют микропроцессорную систему управления и защиты «Альфа-М».

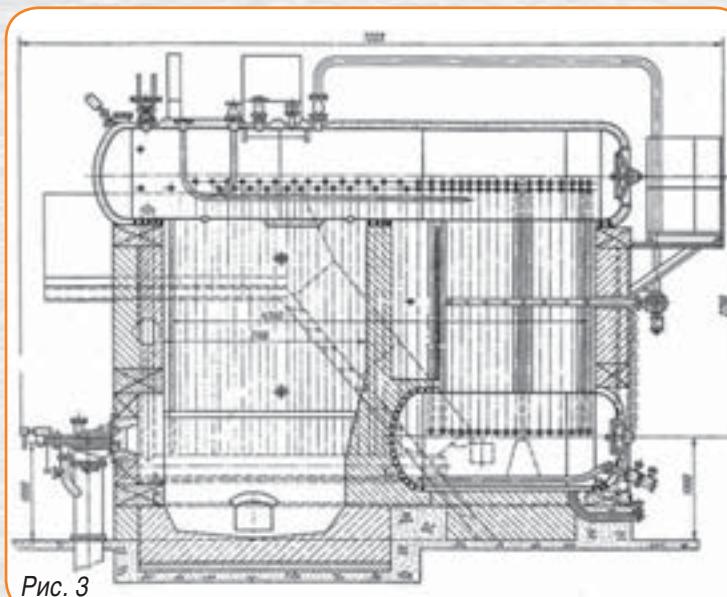


Рис. 3

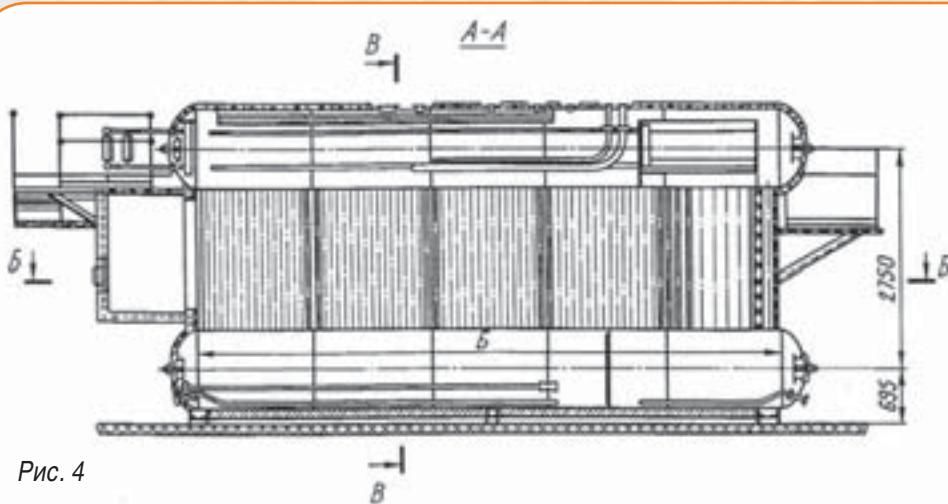
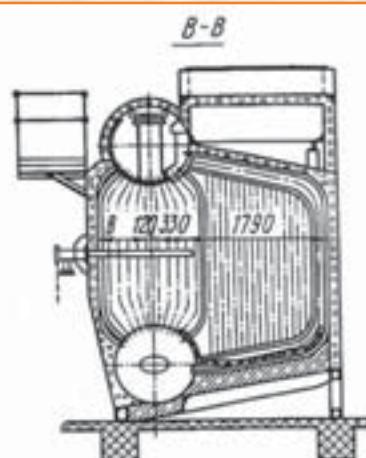


Рис. 4



# Компенсация температурных удлинений трубопроводов

В. Котлер, к.т.н.

*Компенсация температурных удлинений трубопроводов может происходить за счет перемещения подвижных опор на оборудовании, к которому подключен трубопровод, гибов самого трубопровода (самокомпенсация) или установки компенсаторов.*

Полученный в котельной установке насыщенный или перегретый пар необходимо подать к месту его потребления. Поэтому каждая котельная (и тем более – ТЭЦ) имеет сложную систему трубопроводных коммуникаций. Соединение оборудования трубопроводами должно соответствовать технологической схеме и обеспечивать надежную работу промышленной или отопительной котельной не только при стационарном режиме, но также при пусках и остановках оборудования. Между тем, известно, что при нагревании трубопровода от температуры окружающего воздуха  $t_b$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) до температуры протекающей в нем среды  $t_c$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) все его размеры увеличиваются. Если линейный размер участка трубопровода при температуре  $t_b$  равен  $l_i$  (м), а коэффициент линейного расширения равен  $\alpha$  ( $1/\text{C}$ ), то увеличение линейного размера  $\Delta l_i$  (м) легко рассчитать по очень простой формуле:

$$\Delta l_i = l_i \cdot \alpha \cdot (t_c - t_b)$$

Оборудование, к которому присоединен трубопровод, препятствует его свободному расширению. На схеме (рис. 1) показан трубопровод в холодном состоянии (1) и тот же трубопровод после его нагревания (2) при условии, что один его конец (в точке М) не закреплен. Деформация осевой линии приведет к тому, что незакрепленный конец переместится в точку М', причем по осям  $x$  и  $y$  расстояние увеличится на:

$$\Delta l_x = l_x \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\Delta l_y = l_y \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Здесь  $\Delta t$  – разность температур  $t_c - t_b$ ,  $^{\circ}\text{C}$ .

При закрепленных концах трубопровод деформируется по-другому: он изгибается (позиция 3 на рис. 1), в нем возникают напряжения, а в опорах – реактив-

ные силы и моменты. Изгиб осевой линии трубопровода, вызываемый температурными удлинениями его элементов, называется «самокомпенсацией».

Прочность трубопроводов в первую очередь зависит, конечно, от величины напряжения, вызываемого внутренним давлением. Но не менее важную роль играет еще и изгибное напряжение, связанное с деформацией трубопровода при изменении его температуры. Если величина изгибного напряжения оказывается больше допустимой, то приходится искусственно увеличивать гибкость за

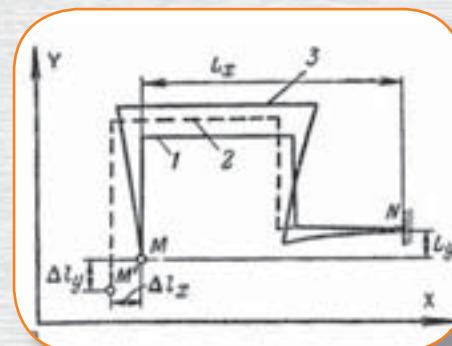


Рис. 1. Деформация осевой линии трубопровода от температурных расширений

счет компенсаторов. На рис. 2 показан простейший компенсатор П-образной формы, установленный на плече с большим размером. При повышении температуры показанного здесь трубопровода возникает прогиб вертикальных участков компенсатора 1-2 и 3-4, благодаря чему уменьшается прогиб и напряжения в коротком плече ОА. Чем больше вылет компенсатора  $h$ , тем меньше будет напряжение от изгиба.

Компенсатор температурных удлинений такого типа может быть образован

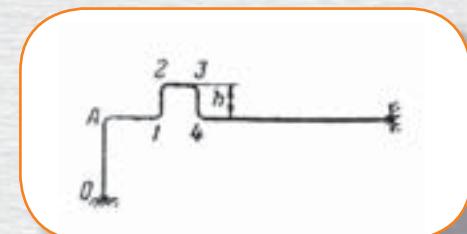


Рис. 2. Трубопровод с П-образным компенсатором

из нормализованных гибов труб такого же диаметра, что и прямые участки трубопровода. Они могут быть не только П-образными: иногда встречаются компенсаторы в виде «омега» ( $\Omega$ ) или другой формы.

В промышленных и отопительных котельных при давлении в трубопроводах до 0,6 МПа для компенсации температурных удлинений часто применяют линзовье компенсаторы с разным количеством линз (волн). Количество этих линз прямо пропорционально длине компенсируемого участка трубопровода, разности температур  $\Delta t$  и обратно пропорционально величине допустимого сжатия линзы в осевом направлении. На рис. 3 показана схема установки линзовых компенсаторов на трубопроводе. При нагреве трубопровода его удлинение компенсируется равным по величине сжатием линзы. На их боковые поверхности действует внутреннее давление, создающее распорное усилие, которое стремится растянуть линзы. Чтобы воспрепятствовать этому усилию, линзы скрепляют стяжками, показанными на рис. 3. В этом случае, конечно, линзы компенсируют удлинение участка трубопровода только между стяжками, т.е. на длине  $L$ .

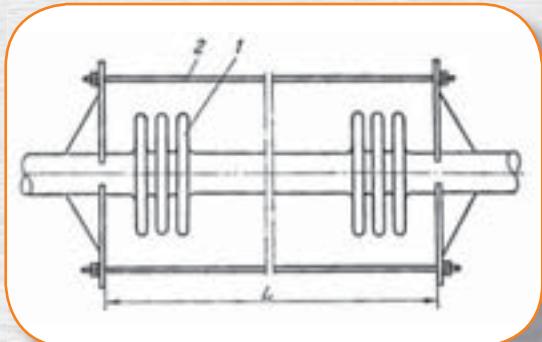


Рис. 3. Установка линзовых компенсаторов на трубопроводе (1 – линзовый компенсатор; 2 – стяжки)

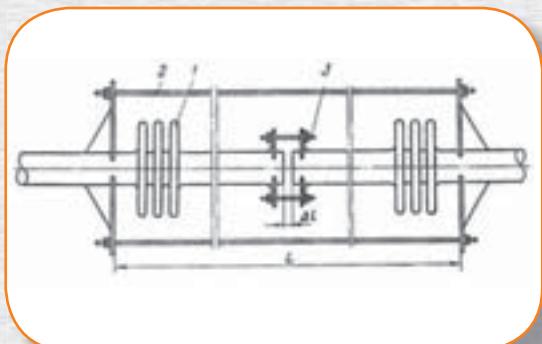


Рис. 4. Предварительная растяжка линзовых компенсаторов (1 – линзовый компенсатор; 2 – стяжки; 3 – стяжные болты для предварительной растяжки линз)

Иногда, чтобы уменьшить количество линз, выполняется предварительная рас-

тяжка, для чего между стыкуемыми трубами при монтаже сначала оставляется зазор, а затем с помощью вспомогательных стяжек компенсатор растягивается, фаски труб при этом сближаются, и производится сварка (рис. 4). При нагревании трубопровод удлиняется, и линзы из растянутого состояния переходят в сжатое. Таким образом, предварительная растяжка позволяет в два раза сократить количество линз.

Еще один способ компенсации температурных удлинений трубопровода показан на рис. 5. Здесь также присутствуют линзы, но используются они не для компенсации удлинений, а как шарниры. При повышении температуры происходит удлинение плеча  $L_1$ . При этом в точке А верхней линзы и в точке В' нижней линзы происходит сжатие, а в точках В (верхней линзы) и В' (нижней линзы) – растяжение. Боковые поверхности линзы слегка поворачиваются относительно друг друга на некоторый угол  $\beta$ , благодаря чему верхний конец участка трубопровода между линзами смещается относительно исходного положения

в направлении перемещения точки К, вызванного ростом температуры. Таким

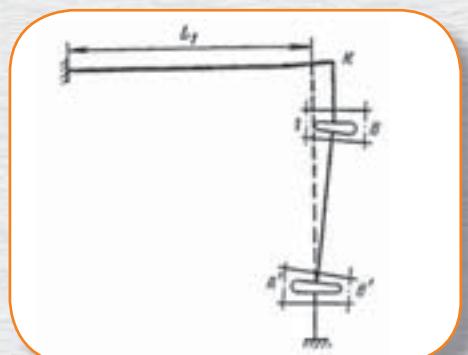


Рис. 5. Схема работы шарнирных компенсаторов (пунктиром показано исходное положение трубопровода)

образом, достигается компенсация удлинения плеча  $L_1$ .

Подробные указания о необходимости учета компенсации тепловых удлинений, вызванных тепловым расширением трубопроводов, содержатся в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» – ПБ 10-573-03 (§ 2.5), выпущенных Госгортехнадзором России в 2004 г.

Пример расчета трубопровода перегретого пара на самокомпенсацию (параметры пара 100 кгс/см<sup>2</sup>, 340 °C, материал – сталь 20) приведен в отраслевом стандарте ОСТ 108.031.02-75: «Котлы стационарные паровые и водогрейные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность» (пример 7).

**FLOWSERVE GESTRA**

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

ООО «АЛВАС Инжениринг» 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 Инжениринг»

#### Поставляемое оборудование:

- конденсатоотводники, 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, отделители пара вторичного вскипания, деаэраторы, охладители выпара, редукционные установки, системы утилизации пара вторичного вскипания



Реклама



Настенные конденсационные котлы Vaillant Eco TEC plus VU 466 производства Vaillant Group с модулирующими горелками

Для обеспечения отопления и горячего водоснабжения торговых центров в Краснодарском крае все чаще применяют каскадные котельные на базе современных конденсационных котлов Eco TEC plus немецкой марки Vaillant.

## Каскадная котельная Vaillant

Еще на стадии проектирования гипермаркета электроники «ТехноТерра» (г. Анапа, Краснодарский край) при создании котельной была поставлена задача добиться высоких показателей надежности и эффективности, при этом уложившись в бюджет сметы. После тщательного расчета всех доступных вариантов была выбрана каскадная котельная из двух настенных конденсационных котлов с модулирующими горелками Vaillant Eco TEC plus VU 466 производства Vaillant Group (Германия). На примере этого объекта можно «пошагово» проследить логику такого выбора.

### Экономический фактор при выборе типа котельной

Напольный котел высокой мощности, который рассматривался как альтернатива, потребовал бы очень значительных монтажных расходов: дымоход для него обхо-

дился примерно в 2 тыс. евро (против 380 евро за два горизонтальных прохода через стену в случае каскадной котельной). Собственно монтаж напольного котла требовал затрат примерно 800 евро, (против 150 евро для двух настенных котлов). При этом цена напольного котла (не конденсационного) была всего на 500 евро ниже, чем суммарная цена двух настенных котлов, на которые и пал конечный выбор. Кроме того, существенная экономия времени и средств была достигнута на отказе от сложных бюрократических согласований по напольному котлу. Таким образом, простота и экономичность монтажа вкупе с экономией на административных процедурах дали несколько сильных аргументов в пользу каскада из двух котлов уже на стадии выбора типа котельной.

В дальнейшем, при длительной эксплуатации каскадной котельной, обна-

ружится еще один экономический плюс: детали и блоки менее мощных настенных котлов за счет большей серийности на порядок дешевле, чем у напольных котлов высокой мощности. Соответственно, заменить их легче.

Традиционно при определении КПД котла сравнивают выделяемое им тепло и низшую теплоту сгорания топлива (ее принимают равной 100 %). В конденсационных котлах для получения дополнительной тепловой энергии используется тепло, которое выделяется при конденсации водяного пара из дымовых газов и утилизируется специальным теплообменником. Количество тепла, выделяемое при конденсации пара, в первую очередь будет зависеть от температуры обратной воды (теплоносителя). Для того чтобы это процесс шел устойчиво, необходимо, чтобы температура воды, поступающей в

теплообменник, была ниже температуры «точки росы» (для природного газа – 57 °С) на 10–15 °С. При соблюдении этого условия КПД котла может достигать 109 %.

Наиболее эффективно конденсационные котлы работают в низкотемпературном (40/30 °С) режиме отопления (напольное или низкотемпературное радиаторное отопление, системы теплоснабжения технологических процессов и др.). В то же время, даже в системах с достаточно высокой расчетной температурой обратной воды (от 50 до 70 °С) условия, при которых начинается конденсация, могут быть выполнены. Практика показывает, что в котлах, управляемых погодозависимой автоматикой, среднегодовой КПД может составить от 100 до 104 %. В системе отопления гипермаркета электроники «Техно Терра» расчетная t «обратки» составляет 40 °С.

### Фактор надежности

Надежность – один из ключевых параметров при выборе теплотехнического оборудования. Преимущество каскадной котельной здесь очевидно: вывести из строя несколько единиц оборудования одновременно гораздо сложнее, чем одну. Кроме того, при выходе из строя одного котла (или плановом отключении на сервисное обслуживание) каскадная котельная продолжит теплообеспечение объекта, пусть даже с пониженной мощностью. В холодное время года это позволит избежать замораживания системы.

Каскадная установка, даже независимо от типа теплогенераторов (ступенчатые или модулирующие горелки), имеет более широкий диапазон регулирования мощности. Особенно заметен этот эффект при оснащении котельных конденсационными котлами с модулирующими горелками. При использовании котлов в каскаде увеличивается общий ресурс отопительного оборудования, поскольку при значительном снижении тепловой нагрузки работает только один теплогенератор (в то время как напольный котел работает постоянно). Контроллер Vaillant colorMATIC, управляющий работой каскада, вклю-

чает котлы в такой последовательности, чтобы их ресурс вырабатывался равномерно. Для этого в прошивку контроллера введены таблицы ротации, определяющие порядок включения котлов во время определенного периода времени. Кроме обеспечения очередности в работе котлов, каскадный контроллер обладает большим количеством функций, и к нему можно подключать самые различные дополнительные устройства: температурные датчики, насосы, приводы смесительных клапанов и др.

Что же касается альтернативного варианта с установкой одного напольного котла в котельной, то он при работе с минимальной нагрузкой (например, летом) имеет очень низкий КПД. К тому же, такой «некомфортный» для него режим работы сокращает его ресурс.

Каждый котел каскада оборудуется отдельным вентилем подающей и обратной линии, газовым краном. С их помощью вышедший из строя котел можно будет отключить от гидравлической системы котельной. Также каждый котел оснащается отдельным краном для заполнения и слива воды, отдельным механическим фильтром и обратным

клапаном. Для того чтобы съем тепла с котлов и их охлаждение осуществлялись равномерно, каждый котельный контур оборудуется индивидуальным циркуляционным насосом Grundfos.

### Преимущества конденсационных котлов

У конденсационных котлов в камере сгорания создается высокое избыточное давление, и они не зависят от колебаний тяги. Такие котлы могут без потери эффективности работать в диапазоне модулирования от 20 до 100 % мощности, и их производительность можно сверхточно подстраивать к изменениям тепловой нагрузки. Во-вторых, в дымовых газах конденсационных котлов содержится очень небольшое количество CO и NO<sub>x</sub>, и они гораздо более предпочтительны для использования в городах и курортных зонах (в данном случае, в г. Анапа). В-третьих, на всей протяженности дымоходов конденсационных котлов создается избыточное давление, что позволяет использовать невысокие дымовые трубы небольшого диаметра.

При благоприятных климатических условиях (короткие нехолодные зимы, длительный летний период) для произ-



Контроллер Vaillant colorMATIC



Работа одного котла каскада



Подающие и обратные линии котлов каскада

водства одного и того же количества тепла на протяжении длительного времени конденсационным котлам требуется на 35 % газа меньше, чем традиционным. Соответственно, их использование в каскадной системе позволит значи-

тельно сократить расходы, связанные с приобретением топлива.

Мощность котельной гипермаркета электроники «Техно Терра» для температурного режима 60/40 °С составляет порядка 95 кВт. Предварительный рас-

чет экономии по потреблению топлива составляет около 100 руб. в день по сравнению с напольным котлом аналогичной номинальной мощности.

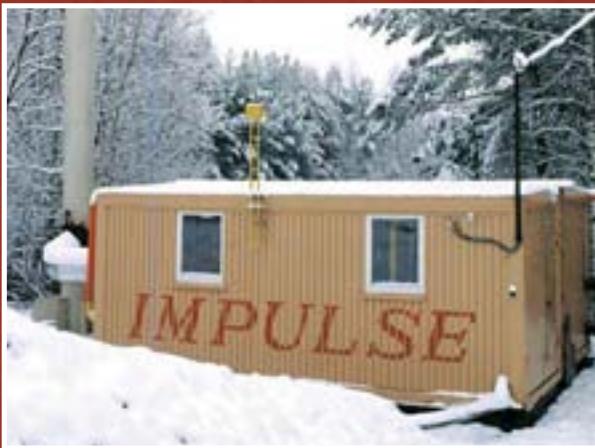
### Компактность

До определенного уровня номинальной мощности каскад из настенных котлов как альтернатива большому напольному котлу позволяет сэкономить место для размещения другого оборудования, имеет меньшую массу, не требует пристройки отдельного помещения для котельной. В данном случае, при создании котельной магазина аудио-видео, бытовой техники и электроники «Техно Терра» использование каскада настенных конденсационных котлов Vaillant позволило существенно уменьшить объем капиталовложений при монтаже и обустройстве котельной. В случае, если гипермаркету электроники понадобится увеличение тепловой мощности, каскад можно дополнить еще одним теплогенератором Vaillant VU 466, в то время как котельная с одним напольным котлом имеет меньшую гибкость в конфигурации и создаст большие сложности в случае дооснащения.



Гипермаркет электроники «Техно Терра», г. Анапа

Проектирование  
Монтаж  
Пусконаладка  
Сервисное обслуживание



Промышленные и бытовые котельные  
Системы отопления и водоснабжения  
Водоподготовка ХВО  
Локальные очистные сооружения ЛОС



Реклама



На втором энергоблоке Назаровской ГРЭС компания «Гидрофлоу» смонтировала и ввела в эксплуатацию четыре флокулирующих устройства Акваклёр® модели Custom P-56 для защиты от органических и минеральных отложений в трубной системе конденсаторов пара.

## Система Акваклёр повышает эффективность Назаровской ГРЭС

А. Прудников

Назаровская ГРЭС, входящая в состав Енисейской территориальной генерирующей компании («ТГК-13»), расположена в г. Назарово Красноярского края на берегу р. Чулым (притока Оби) и является частью Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК), состоящего из нескольких угольных разрезов и тепловых электростанций. Электростанция работает на буром угле из разреза «Назаров-

ский», имеет установленную мощность 1210 МВт. Оборудование включает шесть блоков мощностью по 135 МВт и один энергоблок (№7) мощностью 400 МВт, 12 паровых котлов производительностью по 250 т/ч и 2 котла – по 650 т/ч. Станция может работать как в конденсационном, так и в когенерационном режимах. Среднегодовая выработка электроэнергии составляет приблизительно 5,4 млрд кВт·ч, тепловой энергии – 588 тыс. Гкал.

Для систем охлаждения используется необработанная вода р. Чулым; после рабочего цикла вода нагревается на 3–5 °C и возвращается обратно в реку. Входные фильтры (особенно в периоды весеннего половодья и летних паводков) не в состоянии полностью задерживать загрязнения, и внутренние стенки трубопроводов неизбежно покрываются биопленкой (слизью), илистыми и неорганическими отложениями. Поэтому одной из



Рис. 1. Один из конденсаторов пара энергоблока № 2 Назаровской ГРЭС во время проведения механической очистки



Рис. 2. Флокулирующее устройство Акваклёр смонтировано на циркуляционный водовод конденсатора пара (Барнаульская ТЭЦ 3)

насущнейших задач предприятия является борьба с биообрастаниями, возникающими на внутренних поверхностях системы охлаждения ГРЭС, и, в особенности, – внутри конденсатора пара. Они снижают эффективность теплообмена и в конечном счете приводят к перерасходу топлива. Если своевременно не удалять их из трубок конденсатора, может произойти полная блокировка каналов,

что приведет к локальному перегреву, деформации и протечкам. Механическая очистка трубок – процедура сложная и дорогостоящая; ее проведение возможно только после остановки турбины (рис. 1). К тому же, очистка теплообменных поверхностей приводит к механическим повреждениям оборудования и является по своей сути борьбой со следствием, в то время как причина образования отложений не устраняется, а в отдельных случаях – даже усугубляется. Применение же химических реагентов для очистки и обеззараживания в системах, построенных по открытой схеме, бывает крайне затруднительно. Не говоря уже о большом расходе реагентов, основным ограничением тут выступают требования экологической безопасности, так как продувочные воды водооборотной системы в итоге сбрасываются в природные водоемы и по этой причине должны удовлетворять действующим нормативам ПДК.

Специалистами компании «Гидрофлоу» было предложено решение на основе электромагнитной обработки водоводов с помощью системы Акваклёр®, разработанной и запатентованной в Великобритании.

Данная технология базируется на применении генератора высокочастотных электромагнитных импульсов, работой которого управляет микропроцессор. Устройством формируются импульсы переменной частоты, имеющие форму экспоненциально-затухающей синусоиды. Передача электромагнитного поля в трубопровод осуществляется с помощью магнитопровода из ферритовых пластин, который собирается вокруг трубопровода (рис. 2). В трубопроводе наводится ЭДС самоиндукции и возникает вто-

ричное (собственное) электромагнитное поле. При помощи постоянно корректируемых импульсов устройство обеспечивает возникновение и поддержание электромагнитного резонанса с эффектом «стоячей волны». Электромагнитное поле сообщает электрический заряд находящимся в воде микроорганизмам, и те гибнут. Происходит это потому, что у многих бактерий на поверхности присутствует электрический заряд, из-за чего они окружены несколькими слоями молекул воды, ориентированных поперечно (рис. 3). Оболочка бактерии является полупроницаемой мембраной; заряд на поверхности молекулы компенсируется суммой зарядов молекул воды данного слоя, а давление внутри бактерии компенсируется осмотическим давлением молекул воды, пытающихся проникнуть сквозь мембрану. При передаче этой системе электрического заряда равновесие нарушается из-за значительного увеличения толщины слоя молекул воды, соответственно, резко возрастает осмотическое давление, которое приводит к разрыву оболочек бактерий.

Также электромагнитное поле эффективно сдерживает рост неорганических отложений, не позволяя солям жесткости осаждаться на стенках трубы, и вызывает флокуляцию и коагуляцию (укрупнение) взвешенных частиц в воде (флоков размером от 1 до 50 мкм). Акваклёр временно электрически заряжает взвешен-

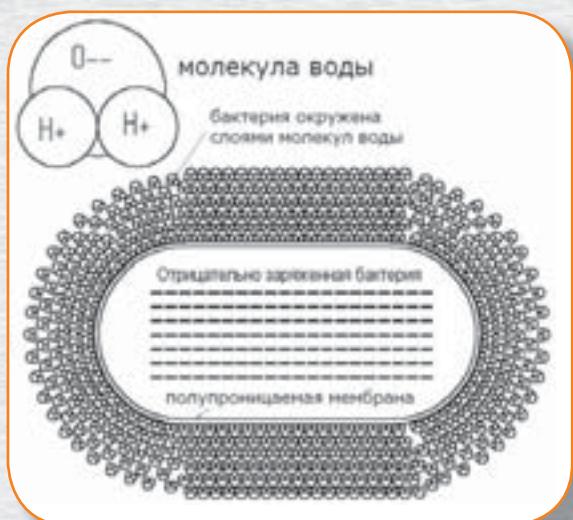


Рис. 3. Бактерия, окруженная молекулами воды



Рис. 4. Вид на энергоблок № 2 Назаровской ГРЭС. Видны конденсатор пары (синий) и один из циркуляционных водоводов (черный трубопровод большого диаметра на переднем плане)

ные частицы загрязнений разноименными зарядами. Электрическое взаимное притяжение заряженных частиц в воде является фактором, запускающим процессы коагуляции и флокуляции (хлопьобразования). Между соединенными вместе частицами образуются мостиевые связи, объединяющие их в большие агломераты, то есть образуются устойчивые взвешенные флоки. Наблюдается эффект, сравнимый с добавлением в воду флокулянта и коагулянта, но достигается он без применения реагентов. Флоки же являются важным элементом

надежностью, он безопасен для окружающей среды, что особенно важно для систем охлаждения, построенных по открытой схеме. 1 марта 2012 г. на втором энергоблоке Назаровской ГРЭС система Акваклёр была запущена в работу (рис. 4). Ее монтаж и ввод в эксплуатацию проводился с участием представителей компании-производителя Hydropath Holdings Ltd (Великобритания), под руководством В. Суворова, директора компании в России (рис. 5). Система Акваклёр монтируется поверх подводящих и отводящих циркуляционных водоводов конденсаторов турбины, без остановок работы системы охлаждения (рис. 6); это несложная операция, занимающая несколько часов.

Следует отдельно сказать, что на Назаровской ГРЭС впервые в России были применены устройства Акваклёр многопроцессорного типа, которые позволяют эффективно обрабатывать воду в трубопроводах большого диаметра на всю глубину (диаметр циркуляционных водоводов составляет

1420 мм). Такие устройства имеют единый магнитопровод, на котором размещено несколько синхронно работающих процессорных модулей (для диаметра 1420 мм таких модулей три). Максимально возможный диаметр трубопровода – 3000 мм. По заявлению производителя данного оборудования, компании Hydropath Holdings (Великобритания), устройства многопроцессорного типа позволяют добиться большей эффективности при подавлении биообрастаний, чем предыдущие модели Акваклёр с одним процессорным блоком.



Рис. 6. Установка Акваклёр монтируется без остановки системы охлаждения

В настоящее время система Акваклёр находится в опытной эксплуатации. После подтверждения положительного эффекта планируется установка данного оборудования на остальных энергоблоках ГРЭС. По словам С. Сергеенко, заместителя главного инженера Назаровской ГРЭС, отмечается стабильная работа конденсаторов энергоблока, несмотря на сезонное ухудшение качества воды в период половодья. В целом же, от системы Акваклёр ожидается повышение технико-экономических показателей работы турбоустановки и уменьшения трудозатрат на очистку конденсаторов пара.



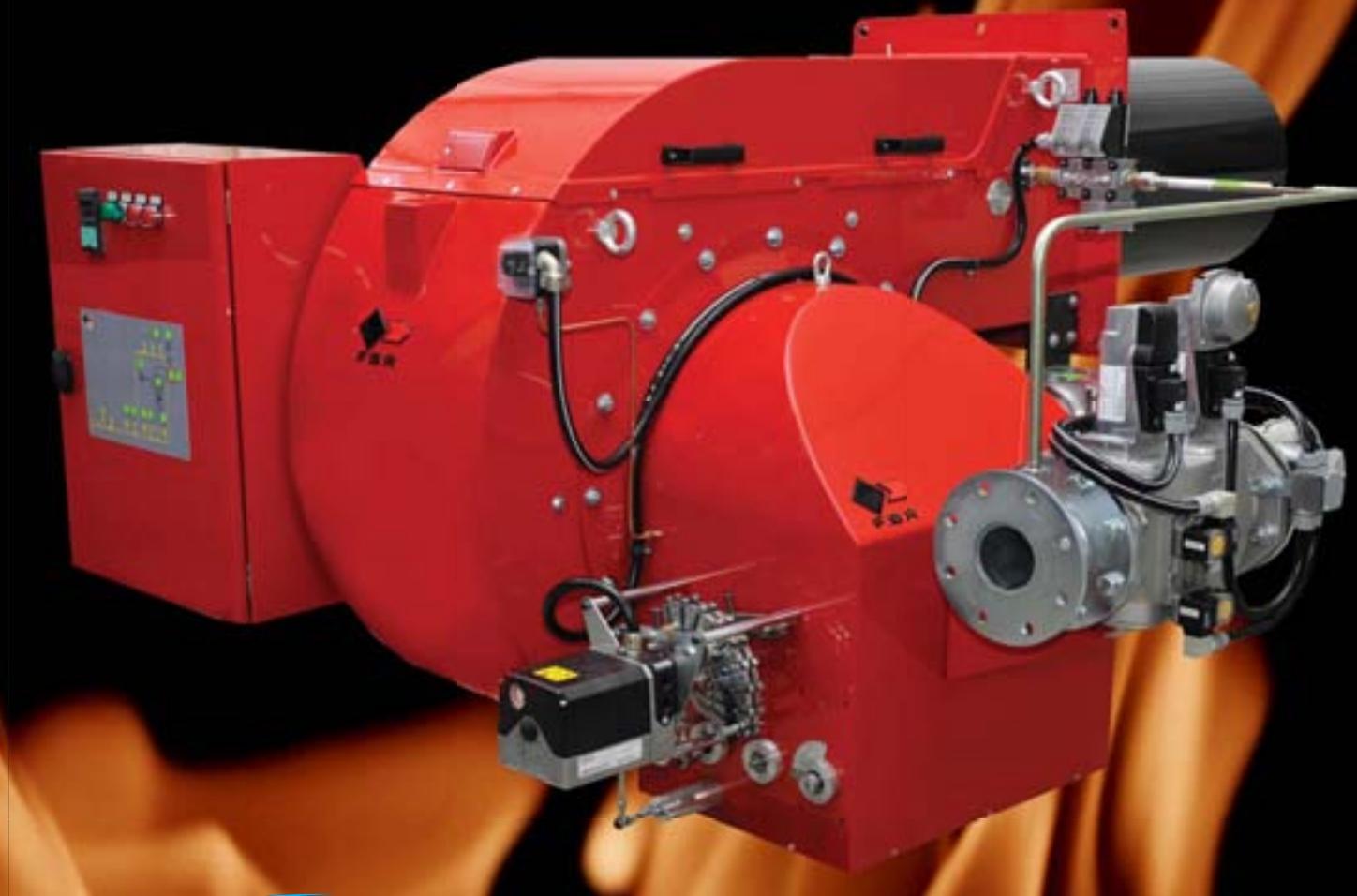
Рис. 5. В.Суворов, директор ООО «Гидрофлоу», в момент проведения пусконаладочных работ



*Мы приносим 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

**ЭнергоГаз**  
инжиниринг



Угольные пласты, не за-  
тронутые процессами  
выветривания, выделяют  
газ, который представляет  
собой довольно калорий-  
ное топливо с теплотой  
сгорания 8,8 ккал /м<sup>3</sup>. Ми-  
ровые запасы такого газо-  
вого топлива превышают  
запасы природного газа и  
оцениваются в 260 трлн м<sup>3</sup>.

## Перспективы строительства мини-ТЭС на газе угольных пластов

М. Иванов

### Целесообразность мини-ТЭС на метане угольных шахт

В настоящее время по примерным оценкам запасы угольного газа в бассейнах России составляют около 83,7 трлн м<sup>3</sup>, что также сопоставимо с прогнозами по объемам добычи природного газа в нашей стране. Одним из основных районов по запасам угольного газа является Кузнецкий угольный бассейн. В нем сосредоточено около 13 трлн м<sup>3</sup> газа, находящегося на глубине от 1,8 до 2 км, добыча и реализация которого может стать одной из перспективных отраслей в будущем.

Как известно, газ, выделяющийся из угольных пластов, подразделяется на два подвида. Первый из них называется шахтным газом. Он образуется при добыче каменных углей в шахтах. Накопление его в шахтах приводит к взрывам, поэто-

му его удаляют из шахт вентиляцией. В ряде случаев шахтный газ утилизируется в местах его сбора. Из-за небольшого содержания в нем метана и переменного состава газовой смеси шахтный газ применяют лишь в качестве топлива для котельных, которые предназначены для технологического теплоснабжения в местах добычи угля. Второй подвид этого газового топлива называется угольным метаном, потому что этот низший гомолог в ряду предельных углеводородов является основным компонентом. Угольный метан специально добывают при проходке скважин горизонтального бурения и активизации угольных пластов методом гидроразрыва. Добываемое таким образом топливо в основном используется для выработки электроэнергии на местных мини-ТЭС.

Самой мощной в Кузбассе зоной по объему запасов угольного метана является Нарыкско-Осташкинская площадь Талдинского месторождения, которая расположена в 200 км от Кемерово. На этой территории расположен первый в России полигон по экспериментальной добыче этого вида газового топлива. В 2012 г. в Кузбассе планируется добыть 10 млн м<sup>3</sup> газа. Уже сейчас на Талдинской площадке действует 8 скважин, которые уходят в середину угольных пластов на глубину около 1 км. Использование такого газа позволяет экономить природный газ и сокращает выбросы.

До недавнего времени богатый угольным метаном Кузбасс для выработки электричества на тепловых электростанциях снабжался по газопроводам природным газом из других регионов.

В ближайшем будущем такое положение должно измениться: к 2020 г. после выхода промыслов на проектную мощность добычи угольного метана Кемеровская область сможет полностью обеспечивать свои потребности в природном газе за счет освоения собственных месторождений. К этому времени планируется введение в строй около 1200 скважин, а годовая добыча угольного метана составит 4 млрд м<sup>3</sup>. Ожидается, что этот объем добытого газа позволит

полностью обеспечить потребности промышленности и домашних хозяйств области. Реализация этого проекта позволит повысить безопасность подземной добычи угля. Предполагается, что в ближайшие 10 лет в Кузбассе будет открыто 11 новых угольных предприятий, которые будут производить электроэнергию на ТЭС, работающих на угольном метане.

Угольный метан, добытый из скважин, пробуренных вдоль угольных пластов, по трубопроводам направляют на газоподготовку, которая состоит из следующих стадий. Сначала газ направляют на предварительную очистку от пыли. Затем из него удаляют влагу и стабилизируют значение температуры. После этого различными методами добиваются регламентных значений содержания в газовом топливе метана. Подготовленное таким образом газовое топливо после этого направляется по газопроводу среднего давления к электростанции. Уже построенный трубопровод имеет диаметр D<sub>у</sub> 100 и расположен на опорах высотой от 1 до 5 м.

## ГПУ и ГТУ

Обычно на тепловых электростанциях, работающих на угольном метане, установлены газотурбинные (ГТУ) или газопоршневые установки (ГПУ). Использование угольного газа в газотурбинных установках является одним из перспективных способов его применения. Вызвано это в первую очередь высокой надежностью газотурбинных установок.

Чаще всего для ГТУ применяют угольный газ с содержанием метана от 40 до 60 %. В некоторых случаях может исполь-



зоваться газовое топливо и с меньшим содержанием метана, но для эффективного его сжигания целесообразно производить предварительный нагрев газовой смеси. Мощность таких газотурбинных установок может колебаться от 1 до 15 МВт. Мини-ТЭС с их участиемрабатывают не только электричество, но и производят тепловую энергию.

В газопоршневых установках газ угольных шахт может применяться только в том случае, если в нем отсутствуют механические примеси, а содержание влаги не превышает 0,009 г/м<sup>3</sup>. Помимо этого, для использования газового топлива часто необходимо, чтобы давление газа в подающем трубопроводе было от 4 до 6 атм. На практике это, как правило, влечет за собой применение дожимных компрессорных станций.

В России на метане угольных шахт работают в основном газопоршневые двигатели. Так, в конце 2011 г. ОАО «Звезда-Энергетика» (Москва) совместно с ООО «Газпром добыча Кузнецк» (Кемерово) осуществили строительство электростанции собственных нужд суммарной электрической мощностью 2,2 МВт. Эта мини-ТЭС предназначена для энергоснабжения скважин Нарыкско-Осташкинской и Талдинской площадок. С 2001 г. «Звезда-Энергетика» имеет статус официального уполномоченного дилера компании Cummins Engine Company Inc. (США); на базе генераторов Cummins мощностью 1,1 МВт были созданы два энергоблока марки Звезда-ГП-1100ВК-02М3. Применяемые газовые двигатели Cummins QSK60G имеют 16 цилиндров,

расположенных V-образно, общим объемом 60,3 л. Диаметр и ход поршня, соответственно, составляет 159 и 190 мм. Электрическое напряжение, выдаваемое генератором, меняется от 400 В до 11 кВ. Электроэнергиярабатывается с помощью четырехполюсного безщеточного генератора переменного тока, который приводится в действие от двигателя, питающегося магистральным угольным газом с давлением в подающей сети от 0,18 до 6,0 атм. В комплект установки входит электронный регулятор

оборотов, стартер, зарядное устройство, аккумуляторная батарея и глушитель, понижающий уровень шума от работающего двигателя до 9 дБ. Примечательно, что данная установка способна работать на газе низкого давления без дожимного компрессора.

Еще одним примером использования угольного газа в качестве топлива на газопоршневом двигателе может служить пилотный запуск новой электростанции в Казахстане, осуществленный ТОО «Промэлектроника-К» в конце 2011 г. Эта мини-ТЭС работает на шахтном газе с концентрацией метана от 40 до 50 %. В соответствии с технологической схемой сначала с помощью ротационного насоса производится откачка шахтного газа, который затем направляют на газоподготовку. На электростанции установлен газопоршневой двигатель марки JGC 420 производства GE Jenbacher (США-Австрия) установленной мощностью 1413 кВт. В данном агрегате применена специальная версия двигателя B105, адаптированного для работы на шахтном газе с минимальным содержанием метана до 25 %. В России же газопоршневая электростанция производства GE Jenbacher (модель GC320) была установлена в д. Жерново Кемеровской области при участии ЗАО «Интма» (Москва). Технологическое оборудование мини-ТЭС с выходной мощностью 1063 кВт размещено в контейнерах заводского изготовления с габаритными размерами 12,2×2,4×2,6 м. Такое техническое решение позволяет осуществлять его перевозку по автомобильным дорогам общего пользования. На дан-

ной электростанции установлен четырехтактный 20-цилиндровый высокоскоростной газопоршневой двигатель модели J320 GS-N.L с искровым зажиганием, в котором так же, как и в рассмотренном выше примере, применена технология сжигания обедненной топливной смеси с минимальным содержанием метана до 25 %, позволяющая уменьшить содержание вредных веществ в выхлопных газах.

Один из недавних проектов утилизации метана угольных пластов – создание мини-ТЭС на шахте в г. Красноармейске (Украина). В качестве топлива здесь используется метано-воздушная смесь, извлекаемая из действующей угольной шахты. Проект реализован ПАО «Шахтоуправление Покровское» (Донецксталь). Первая очередь станции состоит из шести модулей JMS 620 GS-S.L (GE Jenbacher) электрической мощностью по 3,03 МВт, тепловой – по 2,9 МВт. Таким образом, электрический КПД составляет 43 %, тепловой – 41,3 %. Оборудование открытого исполнения размещено в легкосборном укрытии. В энергоблоке применен 20-цилиндровый V-образный газовый двигатель J620 GS с частотой вращения 1500 об/мин. Степень сжатия в цилиндре – 11, диаметр и ход поршня – 190 и 220 мм, соответственно. Модульный принцип построения ТЭС позволяет эффективно использовать электрическую мощность ТЭС в базовом режиме от 1,5 до 18 МВт. Оборудование обеспечит 54 % потребляемой шахтой электроэнергии, а главная промплощадка будет получать 77 % необходимого тепла.

### Проблемы применения метана угольных шахт

К сожалению, в настоящее время в России степень добычи и использования угольного газа по сравнению со странами Запада остается всё еще достаточно низкой. В основном газ, добываемый из угольных пластов, применяется для сжигания в котельных по месту выработки. Доля его использования в зависимости от уровня технической оснащенности угледобывающих предприятий может колебаться

от 20 до 90 %. Еще меньше собранного угольного газа используется для выработки электроэнергии. Вызвано это тем, что только 5 % от общего объема добываемого угольного газа имеет концентрацию метана около 95 %. Основная же доля угольного газа имеет концентрацию от 5 до 75 %. Необходимо отметить, что в этот диапазон концентраций попадают и газовые смеси с содержанием метана 5–15 %, которые являются чрезвычайно взрывоопасными и использованию не подлежат. Поэтому для утилизации можно исполь-

зовать либо газовые смеси с содержанием метана менее 2,5 %, либо с концентрацией более 30 %. Естественно, сильно обедненные газовые смеси использовать нецелесообразно, поэтому практическую ценность представляют лишь газы с содержанием метана выше 30 %.

Выражается это, в первую очередь, тем, что угольный метан и шахтный газ даже не внесены в «Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод ОК 032-2002». В этом документе присутствует «Попутный нефтяной газ», «Газ природный и Конденсат газовый», а также такие газообразные углеводороды, как метан, этан, пропан и бутан. Конечно, возможно отнести газ угольных шахт к категории «Прочный газ природный» с кодом 111 0219. Тем не менее, отсутствие природного ископаемого в данном перечне полностью исключает возможность введения для его добычи льготного налогового режима.

Между тем, приравнивание шахтного газа и угольного метана к природному газу влечет за собой и некоторые ценные проблемы, которые выражаются в следующем. Во-первых, стоимость природного газа в нашей стране привязывается к стоимости нефти; во-вторых, стоимость природного газа на внутреннем рынке определяется ценой продажи его за границу, из которой вычитается стоимость таможенных платежей и транспортных расходов. В результате такой ценовой политики ни малопопулярный угольный метан,

ни часто взрывоопасный шахтный газ не смогут конкурировать с таким широко распространенным топливом, как магистральный природный газ. Поэтому весьма своевременным можно считать проект закона «О внесении изменений в главу 26 части 2 Налогового кодекса РФ», согласно которому метан угольных пластов может быть включен в список полезных ископаемых. Данный законопроект был подготовлен к рассмотрению Министерством финансов РФ в 2012 г. Это ведомство также предлагает освободить от налога на добычу полезных ископаемых те предприятия, которые занимаются освоением этого вида газового топлива. По мнению специалистов, подобная мера налогового стимулирования позволит в ближайшее время увеличить заинтересованность угледобывающих компаний в освоении неперспективных угольных месторождений с целью выработки угольного метана.





## Гарантия Вашего комфорта

Компания GEA Mashimpeks производит и поставляет теплообменное оборудование для систем теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования:

- Разборные и паяные пластинчатые теплообменники
- Сварные теплообменники
- Модульные тепловые пункты

Многолетний опыт работы GEA Mashimpeks гарантирует Вам оптимальное энергоэффективное решение задач теплообмена.

GEA Heat Exchangers  
GEA Mashimpeks

### ГЕА Машимпэкс

Россия, 105082, г. Москва, ул. Малая Почтовая, 12  
Тел: +7 (495) 234-95-03 • Факс: +7 (495) 234-95-04  
[moo\\_Info@gea.com](mailto:moo_Info@gea.com) • [www.gea-mashimpeks.ru](http://www.gea-mashimpeks.ru)



# Реализация проекта установки паровинтового агрегата ПВМ-1,0

А. Шаповалов

В январском номере ПКМ (№ 1 (11) 2012) рассказывалось о паровой винтовой машине, разработанной специалистами компании «Эко-Энергетика» (Санкт-Петербург). Мы продолжаем тему рассказом о практических результатах ее внедрения на Центральной котельной МУП «Муравленковские коммунальные системы» (г. Муравленко, Ямalo-Ненецкий автономный округ).

**И**спользование энергии пара для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии в котельной (то есть для перевода ее в режим мини-ТЭЦ) является перспективной технологией повышения энергоэффективности. Традиционно она достигалась путем применения паровых турбин совместно с газотурбинными агрегатами. Специалисты ЗАО «Эко-Энергетика» предложили решение на базе паровой винтовой машины. Одним из примеров практической реализации данного решения является проект установки паровинтового агрегата ПВМ-1,0 на Центральной котельной МУП «МКС» в г. Муравленко, который может работать как автономно, так и синхронно с общей энергосистемой.

В этой котельной стоят паровые котлы ДЕ 25-14 ГМ производительностью 25 т/ч, которые вырабатывают насыщенный пар давлением 8–13 атм при  $t = 176\text{--}194^\circ\text{C}$ . Для теплофикационных нужд (пароводяные пластинчатые теплообменники) требуется давление 1–6 атм – таким образом, имеется неиспользуемый перепад давления пара с расходом 20–40 т/ч. Если пар направить

в энергоустановку, тогда часть тепловой энергии преобразуется в дешевую электроэнергию (дополнительный расход топлива и эксплуатационные расходы незначительны). Параллельная выработка электрической энергии происходит за счет использования высокопотенциальной энергии пара, ранее бесполезно дросселируемого в редукционных установках.

Совместное производство электроэнергии не нарушает режим работы основного производства. Пар, отработанный в ПВМ с термодинамическими параметрами, достаточными для использования по основному назначению, направляется на технологические нужды и в теплообменные аппараты.

Установка выведена на проектную мощность в апреле 2011 г. Результаты эксплуатации во время отопительного периода и при работе котельной только на горячее водоснабжение положительны и позволяют сделать некоторые выводы.

Так, за период с апреля по сентябрь прошлого года наработка установки составила 3288 маш.ч. За это время выработано около 2000 МВт·ч

электроэнергии, средняя мощность электроэнергии составила 0,6 МВт. В таблице 1 приведены данные производительности паровой винтовой машины. Себестоимость выработанной электроэнергии по результатам эксплуатации составила 0,51 руб./кВт (табл. 2).

Пар противодавлением 0,6–1,0 кгс/см<sup>2</sup> подается на пластинчатые теплообменники котельной для подогрева теплофикационной воды, обеспечивая температурный график 110/70 °C.

Выработанная электроэнергия направляется на нужды оборудования Центральной котельной и полностью обеспечивает потребность водоочистных сооружений мощностью 10 тыс. м<sup>3</sup>/сутки для подъема и транспорта воды.

Снижение количества приобретаемой электрической энергии, за период с апреля по сентябрь 2011 г. в сравнении с аналогичным периодом 2010 г., показано на диаграмме 1.

Соотношение приобретенной и выработанной электроэнергии на подъем и транспорт воды на водоочистных сооружениях, а также на производство и транспорт тепловой энергии представлено на диаграмме 2.

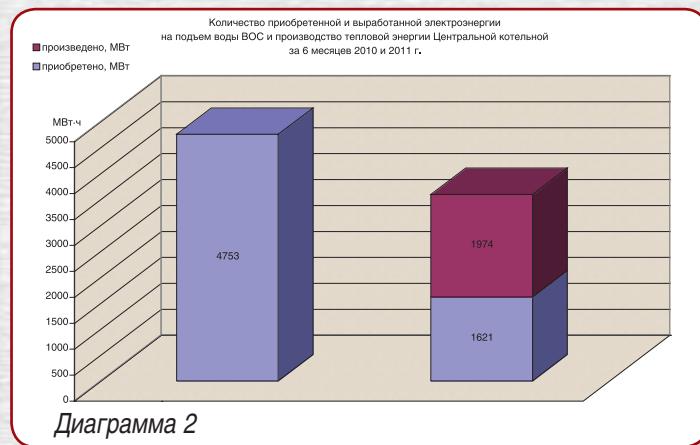
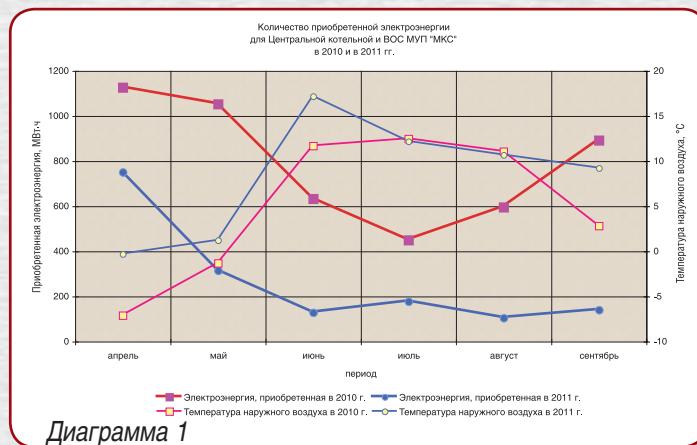
Табл. 1.

Период	Наработка, ч	Выработано электроэнергии, МВт·ч	Среднемесячная мощность, МВт
апрель	240	162,3	0,676
май	617	455,9	0,739
июнь	649	368,7	0,568
июль	349	171,9	0,493
август	744	373,6	0,502
сентябрь	689	442,0	0,642
<b>Среднее</b>			<b>0,603</b>
<b>Итого</b>	<b>3288</b>	<b>1974,4</b>	

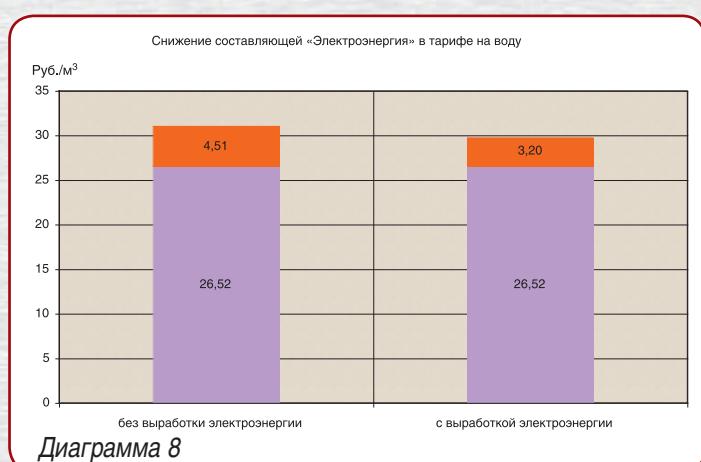
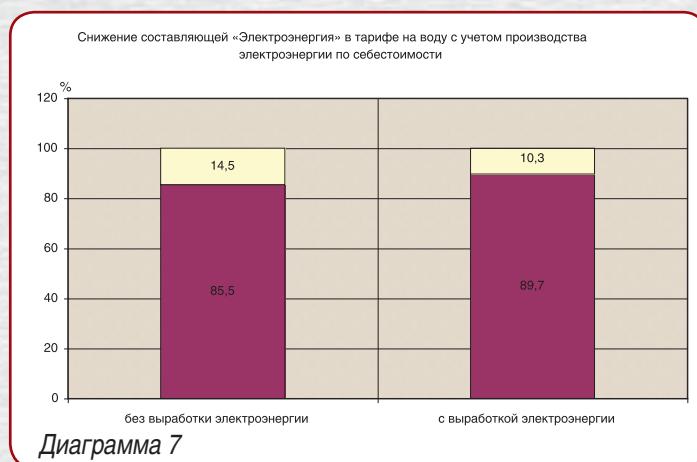
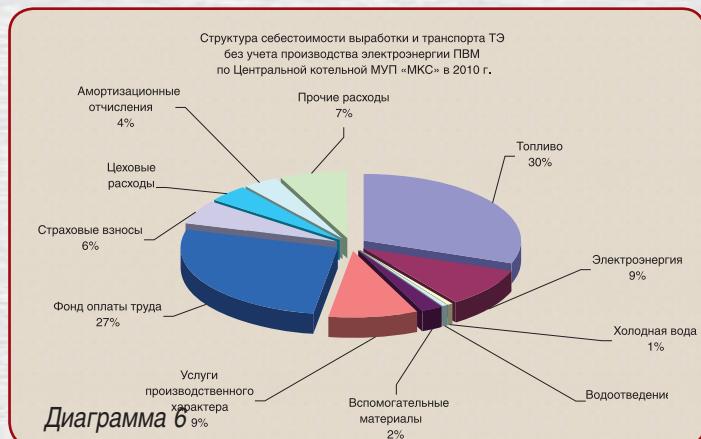
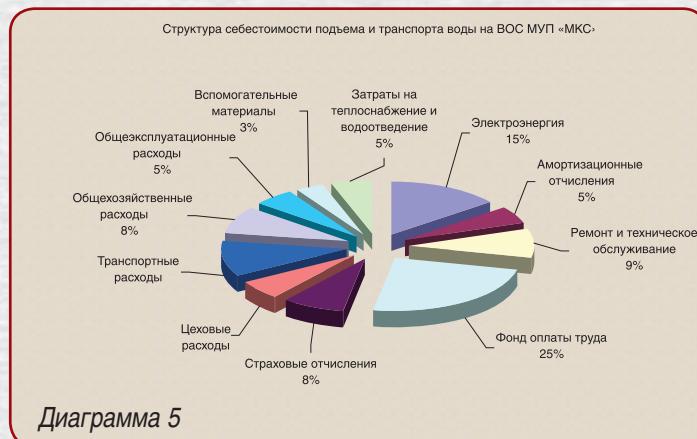
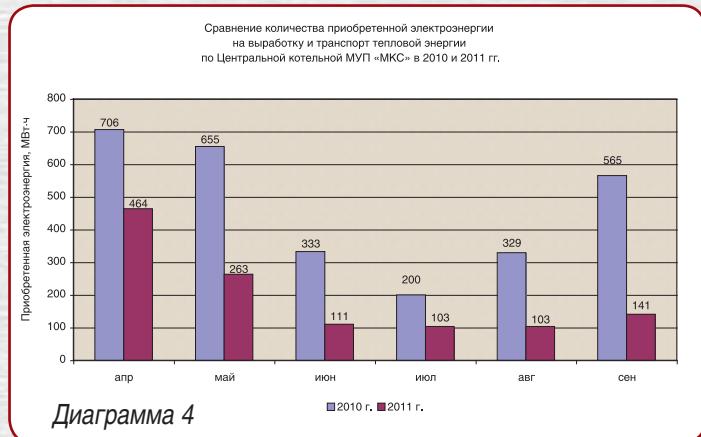
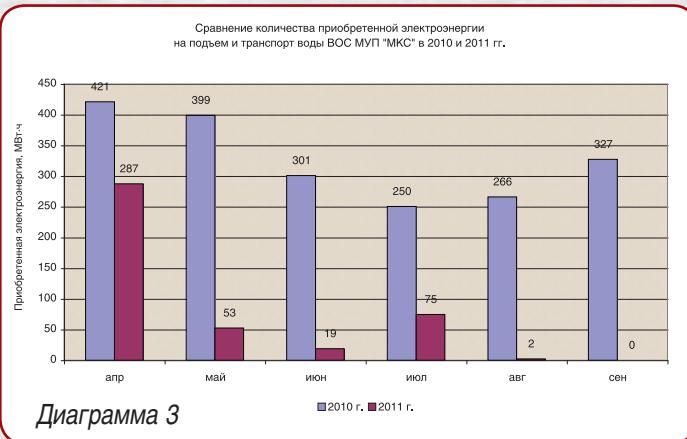
Табл. 2. Расчет себестоимости выработанной ПВМ-1,0 электроэнергии

Выработка	кВт	800
<b>ПАРАМЕТРЫ</b>		
Вход в расширитель		
Расход пара на ПВМ	т/ч	16,1
Давление пара	кгс/см <sup>2</sup>	11,9
Температура пара	°С	191,2
Энталпия	ккал/кг	665,53
Тепловая энергия	Гкал/ч	10,72
Выход из расширителя		
Расход пара	т/ч	16
Давление пара	кгс/см <sup>2</sup>	0,6
Температура пара	°С	112
Энталпия	ккал/кг	645,89
Тепловая энергия	Гкал/ч	10,33
Выработка электроэнергии (за месяц)	кВт·ч	443 400
Наработка часов	ч/мес	687
Мощность электроэнергии (среднечасовая)	кВт	645
Мощность ПВМ на собственные нужды	кВт	4,65
в т.ч.		
масляный насос 1	кВт	1,90
масляный насос 2	кВт	1,40
повысительный насос	кВт	1,35
Средневзвешенная стоимость электроэнергии по предприятию	руб./кВт·ч	2,71
Расходы на выработанную электроэнергию	руб./кВт·ч	0,02
Потребление ТЭ на собственные нужды ПВМ	Гкал/ч	0,38
стоимость 1 Гкал	руб./Гкал	1032,00
стоимость затрат ТЭ на собственные нужды	руб./час	392,98
на 1 кВт	руб./кВт·ч	0,49
Итого себестоимость 1 кВт·ч выработанной электроэнергии	руб./кВт·ч	0,51

Примечание. Себестоимость выработанной электроэнергии приведена с учетом топливной составляющей и с утвержденной СТ ЯНАО ценой на электроэнергию.



## ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И КОГЕНЕРАЦИЯ



При этом доля выработанной электроэнергии на нужды водоочистных сооружений составила (диаграмма 3).

На нужды Центральной котельной (диаграмма 4).

В себестоимости воды затраты на электрическую энергию составляют до 15 % (диаграмма 5).

В себестоимости тепловой энергии затраты на электроэнергию меньше

ввиду преобладающих затрат на топливо, но также существенны, около 9 % (диаграмма 6).

Реализация проекта позволяет сократить расходы на приобретение сетевой

Снижение составляющей «Электроэнергия» в тарифе на тепло с учетом производства электроэнергии по себестоимости

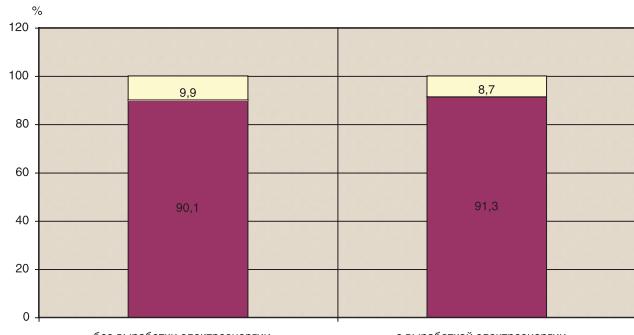


Диаграмма 9

Снижение составляющей «Электроэнергия» в тарифе на тепло с учетом производства электроэнергии по себестоимости



Диаграмма 10

электроэнергии, тем самым заметно снизить себестоимость воды и произведенной тепловой энергии, избежать повышения тарифов в условиях роста цен на ресурсы.

Снижение составляющей статьи

«Электроэнергия» в тарифе на воду в процентах (диаграмма 7) или в денежном выражении при экономически обоснованном тарифе 31,03 руб./м<sup>3</sup> снижение

составит (диаграмма 8).

Снижение составляющей статьи «Электроэнергия» в тарифе на тепло в процентах (диаграмма 9): или в денежном выражении при экономически обоснованном тарифе 982,16 руб./Гкал (диаграмма 10).



## ГУП СК «Крайтеплоэнерго»

ГУП СК «Крайтеплоэнерго» – один из главных поставщиков тепловой энергии жителям Ставропольского края – представляет государственный сектор в сфере коммунальной теплоэнергетики региона. Предприятие обслуживает 170 муниципальных образований, свыше 2500 организаций и более 200 тысяч жителей края, в него входят 17 структурных подразделений.

Основной целью деятельности ГУП СК «Крайтеплоэнерго» является удовлетворение общественных потребностей в надежном и бесперебойном снабжении тепловой энергией потребителей.

На предприятии функционирует собственный цех по производству жаротрубных водогрейных котлов, поверхностей нагрева водотрубных котлов, теплообменников, изготовлению вспомогательного котельного оборудования и металлоконструкций, ремонту насосных агрегатов.

### НАИМЕНОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ:

Котел КВА – 100 Гн

Котел КВА – 0,25 Гн

Котел КВА – 0,63 Гн

Котел КВА – 1,0 Гн

Котел КВА – 2,0 Гн

Автоматизированная блочная котельная с двумя котлами 140 кВт (КБА-140)

Автоматизированная блочная котельная с двумя котлами 200 кВт (КБА-200)

Автоматизированная блочная котельная с двумя котлами 400 кВт (КБА-400)

Автоматизированная блочная котельная с двумя котлами 1240 кВт (КБА-1240)

Изготовим блочные котельные с котлами от 50 кВт до необходимого объема нагрузки.

Поверхности нагрева котлов типа: (под форкамерные, подовые горелки) ТВГ – 0,75 Гкал; ТВГ – 1,5 Гкал; КСВ – 1,86 Гкал; ТВГ – 2,50 Гкал; КСВ – 2,90 МВт; ТВГ – 4,00 Гкал; ТВГ – 8 Гкал

355037 г. Ставрополь, ул. Доваторцев, 44 а  
тел./ф. (8652) 74-19-00, тел. 74-19-87, 74-19-17, 77-46-24  
e-mail: gupstek@mail.stv.ru

# Новости когенерации

## Производство турбин в Рыбинске

ОАО «Интер РАО ЕЭС», ОАО «Роснано» и ОАО «Научно-производственное объединение «Сатурн» (НПО «Сатурн») создают инжиниринговый центр, который займется разработкой модернизированного газотурбинного двигателя ГТД-110. В настоящее время зарегистрировано ОАО «Инжиниринговый центр (ИЦ) «Газотурбинные технологии», проводятся корпоративные процедуры по вхождению участников проекта в акционерный капитал компании. Их доли распределяются следующим образом: «Интер РАО» – 50 % плюс одна акция; «Роснано» – 40 % минус одна акция и НПО «Сатурн» – 10 % акций.

Комплексная работа над проектом двигателя промышленного применения ГТД-110М мощностью 110 МВт рассчитана на 2,5 года, а общий объем финансирования всего комплекса работ составляет 2,5 млрд руб. Двигатели серии ГТД-110 предполагается использовать в составе газотурбинных и парогазовых энергетических установок ГТЭ-110, ПГУ-170 и ПГУ-325 мощностью 110, 170 и

325 МВт соответственно, для выработки электрической и тепловой энергии. Планируется, что к концу 2014 г. должна быть выпущена рабочая конструкторско-технологическая документация, отработаны и внедрены новые технологии (в том числе техпроцессы нанесенияnanostructured покрытий), изготовлены и испытаны на рабочем двигателе модернизированные конструктивные элементы. К этому времени также должен быть полностью изготовлен первый двигатель ГТД-110М. Следующим этапом развития комплексной программы станет создание серийной площадки по производству данного класса двигателей промышленного применения.



## Пять турбогенераторов от «Силмаша»

ОАО «Силовые машины» изготовило и испытала турбогенератор с воздушным охлаждением типа ТЗФГ мощностью 180 МВт для энергоблока Ново-Богословской ТЭЦ «КЭС-Холдинга» (Свердловская обл.). Новый турбогенератор предназначен для сопряжения с газовой турбиной. Он разработан и изготовлен в габаритах установки с воздушным охлаждением мощностью 160 МВт, которая выпускается «Силмашем» серийно. Подобные генераторы успешно эксплуатируются на электростанциях России и за рубежом.

«Силовые машины» поставляют комплекты оборудования для пяти новых энергоблоков, которые строятся в рамках инвестиционной программы «КЭС-Холдинга». Они станут основой парогазовых установок на Кировской ТЭЦ-3, Ижевской ТЭЦ-1, Владимирской ТЭЦ-2, Пермской ТЭЦ-9 и Ново-Богословской ТЭЦ. В соответствии с условиями контрактов на каждую из этих станций «Силовые машины» поставят комплект оборудования, состоящий из газовой турбины ГТЭ-160, генератора мощностью 180 МВт, системы воз-

уждения и тиристорного пускового устройства к нему, системы автоматического управления газотурбинной установкой, комплексного воздухоочистительного устройства и вспомогательного оборудования газотурбинной установки. Завершение отгрузок оборудования намечено на третий квартал 2012 г.

Кроме того, в обязанности «Силовых машин» входят услуги шеф-надзора, обучение персонала заказчика на площадке строительства, участие в пусконаладочных работах, а также комплексное опробование и гарантийные испытания.

Генератор для ПГУ Ново-Богословской ТЭЦ – пятый по счету. Четыре аналогичные машины для энергоблоков Пермской ТЭЦ-9, Кировской ТЭЦ-3, Ижевской ТЭЦ-1 и Владимирской ТЭЦ-2 «Силовые машины» изготовили в 2011 г. Полный комплект генераторного оборудования для Пермской ТЭЦ-9 был передан заказчику в декабре 2011 – январе 2012 гг. В комплект поставки генераторного оборудования также входят системы наддува, возбуждения и теплового контроля, пусковое устройство.

## В Салехарде будет построена ТЭС «Полярная»

В административном центре Ямalo-Ненецкого автономного округа будет построена тепловая электростанция. Заказчиком строительства выступает энергетическая компания «Урал Промышленный – Урал Полярный», генподрядчиком – фирма PSG-International (Чехия). Генпроектировщиком и основным субподрядчиком является ЭСК «Союз». Сооружение ТЭС «Полярная» ведется двумя пусковыми комплексами: для первого компания Siemens Industrial Turbomachinery AB (Швеция) поставит газотурбинную установку SGT-600

электрической мощностью 25 МВт, в состав которой входит электрический генератор напряжением 10,5 кВ. ГТУ имеет двухтопливное исполнение – для использования природного газа (как основного топлива) и дизельного топлива (как резервного и аварийного). Режим когенерации предусматривает совместную работу ГТУ с водогрейным котлом-utiлизатором, поставляемым компанией PSG-International. ТЭС будет работать в базовом режиме, в параллель с энергосистемой. Ввод ГТУ в эксплуатацию намечен на декабрь 2012 г.



## Новая мини-ТЭС Viessmann

В г. Сокол (Вологодская обл.) сдана в эксплуатацию мини-ТЭС на основе трех когенерационных модулей Viessmann. Заказчиком проекта является предприятие «Соколгорводоканал», генпроектировщиком – ООО «Теплогазпроект», генподрядчиком – компания «Энергострой». Два модуля Vitobloc GG383 имеют единичную электрическую мощность 405 кВт, полезную тепловую мощность – 538 кВт. В комплект поставки модуля входит газо-поршневой двигатель с турбонаддувом производства MAN и синхронный генератор. Модуль Vitobloc GG237 электрической мощностью 239 кВт и тепловой 372 кВт создан также на базе двигателя MAN и синхронного генератора. Температурный график системы отопления – 70/90 °C.

## Столбовая когенерация

В мае 2012 г. на Столбовое нефтяное месторождение, самый крупный проект на территории Томской области с извлекаемыми запасами 12,2 млн т нефти, по заказу НК «Русснефть» поставлены энергоблоки производства GE Energy Jenbacher gas engines (США-Австрия) для утилизации попутного нефтяного газа. На ГПЭС мощностью 18 МВт заканчиваются монтажные работы по установке

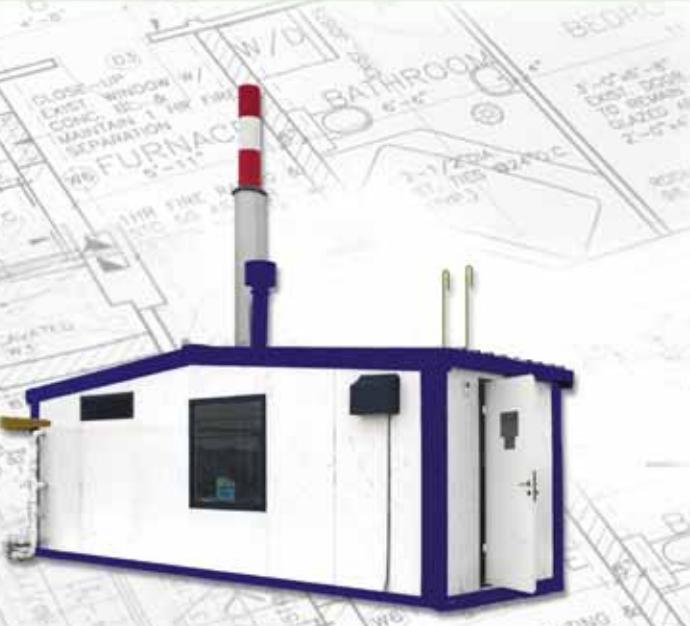
Модули ТЭС установлены в собственном здании. Звукоизолированный корпус энергоблока оснащен вентилятором, внутренними кабельными подключениями, интегрированным шкафом управления с силовой и управляющей секцией, с iPC-управлением для работы в автоматическом режиме. Старт и останов, регулирование мощности и подключение котлов осуществляется контроллером MaxiManager в зависимости от температуры в обратной магистрали и/или в накопителе или внешней команды с указанием необходимой мощности. Энергоблоки снабжены системой «Удаленный доступ», могут подключаться к сети Интернет для контроля и регулирования работы заводом-изготовителем.

газопоршневых установок JMS 320 GS. В составе оборудования также распределительные устройства, трансформаторные подстанции, ДЭС производства ЗАО «НГ-Энерго» мощностью 1 МВт. В объем проектирования вошли системы управления и подготовки топливного газа, маслонасосные, операторные, мастерские со складом ЗИП. Оборудование разместится на единой площадке.

**БЕЛОГОРЬЕ**  


ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОТОПЛЕНИИ

**КОТЛЫ      ГОРЕЛКИ      КОТЕЛЬНЫЕ \***



\*Товар сертифицирован



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
БЕЛОГОРЬЕ

309291, Россия, Белгородская обл., г. Шебекино, ул. Октябрьская, 11, тел/факс: (47248) 2-56-88,  
тел/факс: (47248) 2-56-83, 2-55-84, e-mail: [whitehills@belgtts.ru](mailto:whitehills@belgtts.ru), [www.zao-belgorje.ru](http://www.zao-belgorje.ru)

# Горелки с модулируемым регулированием

В настоящем обзоре рассматриваются моделируемые горелочные устройства повышенной мощности, предлагаемые на российском рынке: это полупромышленные (мощностью от 50 кВт до нескольких МВт) и промышленные серии горелок (от 0,5 до 50 МВт).

В последние несколько лет у нас в стране в качестве генераторов тепла широко используются съемные горелочные устройства. В тех случаях, когда максимальная тепловая производительность горелки значительно меньше потребности объекта в тепле (в частности, такая ситуация складывается при окончании отопительного сезона), устройство будет часто выключаться. Частое выключение и последующее включение (так называемое «тактование») приводит к следующим негативным последствиям:

- резкому увеличению механических и тепловых нагрузок на различные элементы горелки и котла, что ускоряет износ этих элементов и приводит к сокращению рабочего ресурса оборудования. Поэтому многие производители горелочного оборудования гарантируют заявленный срок службы своих изделий только в том случае, если частота включений не превышает определенного значения (например, для горелок компании Weishaupt 12 раз в час);

- увеличением эмиссии вредных веществ (каждое включение горелки сопровождается разовым повышенным выбросом продуктов сгорания);
- дополнительным расходом энергии на продувку камеры сгорания, подогрев жидкого топлива и т.д.

Значительно сократить «тактование» можно, используя двух- или трехступенчатые горелки. А в двухступенчатых горелках с так называемым прогрессивным регулированием (плавное изменение мощности при включении или переходе с одной ступени на другую) тепловая нагрузка на конструктивные элементы снижается до минимума, возможного в данных условиях. Наиболее эффективно данная проблема решена в модулируемых горелках – то есть горелках, плавно изменяющих мощность в зависимости от потребностей объекта в тепле. Согласно информации производителей, при правильной настройке таких горелок их использование позволяет снизить расход топлива на 5–15 % и значительно увеличить срок службы оборудования. Необходимо отметить, что модулируемые горелки дороже двухступенчатых устройств соответствующей мощности, кроме того, их сложнее настраивать и эксплуатировать. Существует мнение, что предприятию, занимающемуся

обслуживанием такого оборудования, необходимо будет ввести в штат специалиста высокой квалификации.

В настоящее время почти все производители горелочных устройств имеют в своем ассортименте модулируемые горелки. Возможность модулируемого управления предусматривают как опцию в двухступенчатых (или прогрессивных двухступенчатых) газовых горелках, уже начиная с 200 кВт, в жидкотопливных – с 350–500 кВт. Для этого их дополнительно оборудуют регулятором мощности (модулятором) и датчиками температуры или давления (для паровых котлов).

Некоторые модели двухступенчатых комбинированных горелок могут работать в режиме модулирования только при использовании в качестве топлива природного или сжиженного газа. Тепловая производительность современных модулируемых горелок может плавно изменяться от 10 до 100 %. Однако при подборе горелки необходимо отдавать себе отчет, что рекомендуемый рабочий диапазон горелки значительно уже.

Модулируемые горелки делятся по принципу работы устройств, регулирующих соотношение «топливо/воздух», на три типа:

- с механическим регулированием;
- с пневматическим регулированием;
- с электронным регулированием.

При механическом регулировании к модулятору подключают привод, который управляет работой топливной и воздушной заслонок и поддерживает установленное соотношение «топливо/воздух». Такие устройства считают-



ся наиболее надежными, но обладают определенной инерционностью.

При пневматическом регулировании оптимальное соотношение «газ/воздух» поддерживает пропорциональный газовый клапан. К нему подключают датчики давления, установленные на головке горелки, в камере сгорания и между клапаном и горелкой. При изменении мощности горелки привод, соединенный с модулятором, поворачивает воздушную заслонку. В результате давление воздуха на головке горелки и в камере сгорания меняется. В соответствии с этими изменениями клапан сокращает или увеличивает количество газа, поступающего на горелку так, чтобы оно соответствовало расходу воздуха.

Электронный блок управления напрямую соединен с сервоприводами клапанов и систем подачи воздуха, газа или жидкого топлива. Считается, что горелки с электронным регулированием быстрей и точней устанавливают нужное соотношение «газ/воздух».

### Baltur

Модулируемое регулирование может быть реализовано в большинстве газовых и дизельных горелок компании Baltur (Италия). В газовых горелках серии TBG (от 80 до 2100 кВт) используется пневматическое или электронное регулирование соотношения «газ-воздух», в горелках серии Spark GAS (от 60 до 340 кВт) – пневматическое, серий BTG (от 50 до 280 кВт), серии BGN (от 0,4 до 5,9 МВт) и GI (от 0,7 до 10,85 МВт) – электронное. Модулируемое регулирование используется в дизельных горелках серий BT

(от 415 до 3854 кВт) и GI (от 1,581 до 10,5 МВт). Для работы на мазуте (нефти) компания поставляет горелки BT (от 446 до 3907 кВт) и GI (от 1,581 до 10,5 МВт). Комбинированные горелки с модулируемым регулированием представлены сериями Comist (от 348 до 3878 кВт) и GI Mist (от 1,581 до 10,5 МВт), работающими на газе/дизеле или газе/мазуте, и TBML (от 250 до 850 кВт) – только на газе/дизеле. Промышленные горелки Baltur серий PYR (от 3,9 до 50,2 МВт) и TS (от 0,973 до 11,6 МВт) имеют только модулируемое регулирование, работают на газе, дизельном топливе или могут быть комбинированными – газ/дизельное топливо или газ/мазут.

### Cuenod

Газовые горелки компании Cuenod (Франция) с модулируемым регулированием серий NC (от 80 до 210 кВт) и C (от 120 до 4600 кВт) оснащаются пневматической системой AGP. Такой же системой оборудуются комбинированные (газ/дизель) горелки C (от 335 до 4600 кВт). Горелки серии C, предназначенные для работы на дизельном топливе (от 1,8 до 5 МВт), используют систему механического регулирования.

### De Dietrich

Компания De Dietrich (Франция) специализируется на выпуске водогрейных котлов и горелок для них. Модулируемое регулирование реализовано в газовых горелках серий: G 203/2 N (от 50 до 123 кВт), G 300 S (от 60 до 410 кВт), G 300 N (от 55 до 405 кВт), G 40 S (от 0,205 до 1,03 МВт) и G 50 S (от 0,16 до 2,29 МВт).

МВт) – природный или сжиженный газ, биогаз; Maior (от 3 до 17 МВт) – дизельное топливо; Oilflam (от 3 до 17 МВт) – мазут, нефть или отработанное масло. Также модулируемое регулирование может быть реализовано в комбинированных горелках серий Multicalor (от 0,11 до 17 МВт) и Multiflam (от 0,414 до 17 МВт). Горелки серий Blu, Maior, Oilflam, Multicalor и Multiflam могут быть двухблочными (Duoblock). В этом случае их мощность может достигать 25 МВт.

### Elco



Компания Elco (Швейцария) выпускает газовые горелки с модулируемым регулированием серий VG2 Duo Plus (от 40 до 210 кВт), VG3 Duo Plus (от 70 до 360 кВт), VG4 Duo Plus (от 100 до 610 кВт), VG05 (от 240 до 1040 кВт), VG06 (от 230 до 2100 кВт), Nextron N 6 и 7 (от 0,34 до 5 МВт), Nextron N 8 и 9 (от 0,74 до 11,2 МВт). Промышленные газовые горелки представлены сериями EK (от 0,25 до 11 МВт), E10 (от 1,3 до 14 МВт) и двухблочными EK Duo G (от 0,6 до 16 МВт) и RPD G (от 0,67 до 45 МВт). Для работы на дизельном топливе компания выпускает горелки EK (от 0,5 кВт до 11,4 МВт), EK Duo L (от 1,5 до 12 кВт) и RPD (от 0,9 до 45 МВт), для работы на мазуте или сырой нефти – EK Duo S (от 1,5 до 7 МВт) и RPD S (от 0,67



### Ecoflam

Все горелки компании Ecoflam Bruciatori (Италия), выпускаемые в модификации PR (плавное двухступенчатое регулирование), могут быть переведены на модулируемое регулирование. Для этого к ним подключают прибор KITMD-RWF 40 и датчик температуры. В модификации PR могут выпускаться следующие серии горелок: Max Gas (модели мощностью 350 и 500 кВт) и Blu (от 0,7 до 17

до 45 МВт). Комбинированные горелки представлены сериями VGL Duo Plus (от 0,2 до 2,05 МВт), Nextron N GL-RZ3 (от 0,29 до 4,35 МВт), промышленными EK (от 0,25 до 11 МВт) и E10 (от 1,3 до 12 МВт), двухблочными EK Duo GL (от 0,9 до 16 МВт) и RPD GL (от 0,95 до 45 МВт), работающими на газе/дизеле и RPD GS (от 0,67 до 45 МВт) – на газе/мазуте/сырой нефти.

#### F.B.R.



В горелках компании F.B.R. (Италия) может использоваться механическое или электронное модулируемое регулирование. Газовые горелки представлены сериями GAS X M (от 40,6 до 349 кВт), GAS XP M (от 232 до 522 кВт) и GAS P M (от 135 до 11 628 кВт), а дизельные – серией FGP M (от 237 до 11 628 кВт). Также компания выпускает модулируемые горелки для работы на тяжелых видах топлива – FNDP M (от 398 до 11 628 кВт), в том числе и с повышенной вязкостью. Комбинированные горелки представлены сериями K M (от 0,581 до 11,628 МВт, газ/дизель) и KN M (от 1,044 до 11,628 МВт, газ/дизель). Промышленные горелки: газовые HI-GAS P M (от 1,044 до 7,558 МВт), JBM G (от 1,0 до 14,5 МВт), JBD G (от 14,5 до 50,0 МВт); дизельные HI-FGP M (от 0,7 до 7,558 МВт), JBM LO (от 1,0 до 14,5 МВт), JBD LO (от 14,5 до 50,0 МВт); на тяжелых видах топлива HI-FNDP (от 0,928 до 7,558 МВт), JBM FO (от 1,0 до 14,5 МВт), JBD FO (от 14,5 до 50,0 МВт); комбинированные HI-K M TL (от 1,044 до 7,558 МВт), JBM GLO/

GFO (от 1,0 до 14,5 МВт), JBD GLO/GFO (от 14,5 до 50,0 МВт).

#### Giersch



Газовые горелочные устройства с модулируемыми устройствами компании Giersch (Германия) включают серии: GG20 (от 55 до 235 кВт), MG1, 2 и 3 (от 150 до 2800 кВт), MG10 (от 95 до 530 кВт) и MG20 (от 225 до 1350 кВт), RG20 (от 40 до 120 кВт) и RG30 (от 105 до 260 кВт). В комбинированных горелках MK2.1 и MK2.2 (от 280 до 1070 кВт) модулируемое регулирование можно реализовать только при работе на газе (на жидкое топливо они работают на двух ступенях мощности).

#### HANSA

Компания HANSA (Германия) выпускает газовые горелки с модулируемым регулированием серий HPM 1 (от 10 до 90 кВт), HPM 2, 3 и 4 (от 50 до 500 кВт), HGZ/S (от 124 до 3450 кВт). Также компания производит комбинированные горелки HGOZ/S (от 60 до 3650 кВт), работающие на газе/дизеле.

#### Lamborghini

Модулируемое регулирование может быть реализовано в газовых горелках производства Lamborghini (Италия). Дизельные горелки серий PG M (5 моделей мощностью от 533,7 до 2965 кВт) и PG M-RM (4 мощность от 1,8 до 10,6 МВт) могут быть двухступенчатыми или работать в модулируемом режиме после подключения к ним специального комплекта. Также компания выпускает комбинированные двухступенчатые или модулируемые горелки серии



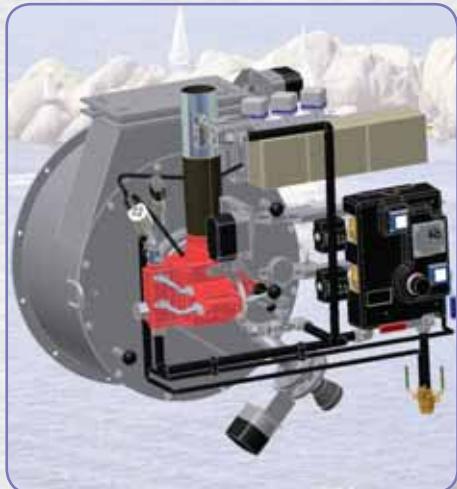
TWIN (5 моделей мощностью от 80,7 до 1993 кВт). Промышленные горелки Lamborghini представлены сериями LMB G (6 моделей мощностью от 80 до 1900 кВт, газ) и LMB LO (6 моделей – от 105 до 1976 кВт, дизельное топливо).

#### Oilon

В ассортименте компании Oilon (Финляндия) горелки с модулируемым регулированием представлены сериями: GP P (от 0,2 до 1,5 МВт), GP M (от 0,39 до 9,5 МВт) и GP ME (от 1,2 до 29,5 МВт) – газ, KP M (от 0,39 до 9,7 МВт) и KP ME (от 1,2 до 29,5 МВт) – дизельное топливо, RP M (от 0,5 до 9,5 МВт) и RP ME (от 1,2 до 28 МВт) – мазут. Также компания поставляет комбинированные горелки GKP M (от 0,39 до 9,5 МВт) и GKP ME (от 1,2 до 29,5 МВт) – газ/дизель и GRP M (от 0,39 до 9,5 МВт) и GRP ME (от 1,2 до 29,5 МВт) – газ/мазут. Промышленные горелки составляют серии Lenox (от 0,9 до 63 МВт) и S (от 0,9 до 45 МВт). В зависимости от модели, они могут работать на газе, дизельном топливе, мазуте или быть комбинированными.

#### Petrokraft

Все горелочные устройства компании Petrokraft AB (Швеция) оснащаются системами модуляционного регулирования. На российском рынке представлены горелки Petro низкого давления с воздушным распылением (мощность от 2 до 13,5 МВт), используемые для сжижания газа, жидкого топлива, тяжелой нефти и нефтяных отходов, биотоплива, отработанного масла и т.д. Также в ассортименте производителя – ротаци-



### Saacke

Компания Saacke (Германия) выпускает горелки как для традиционных (газ, дизель, мазут и др.), так и для редких видов газового, жидкого и твердого топлива. Некоторые горелочные устройства данной компании могут одновременно сжигать два вида газообразного или жидкого топлива. Серии газовых модулируемых горелок: HG (от 0,12 до 4,6 МВт), JG (от 0,48 до 8,25 МВт), SG-A (от 1,1 до 15,2 МВт), SG и SGD (от 0,45 до 46 МВт). Серии горелок для дизельного топлива: HL (от 0,12 до 4,6 МВт),

ном или сжиженном газе: WG LN 10-20 (от 25 до 200 кВт), WG LN 30-40 (от 40 до 550 кВт), Monarch WM-G 10 и 20 (от 55 до 2600 кВт), Monarch G 1-11 (от 60 до 4750 кВт) и Monarch G 30-70 (от 0,3 до 10,5 МВт). Горелки на дизельном топливе: Monarch RL 1-11 (от 0,6 до 5,24 МВт) и Monarch RL 30-70 (от 0,3 до 10,9 МВт), на мазуте: Monarch RMS 30-70 (от 0,3 до 10,9 МВт). Комбинированные горелки представлены сериями: Monarch RGL 1-11 (от 60 до 4750 кВт), Monarch WM-GL 10 (от 60 до 1000 кВт) и Monarch RGL 30-70 (от 0,3 до 10,5 МВт). Промышленные горелки Weishaupt предназначены для работы на природном или сжиженном газе – WKG 40-80 (от 0,3 до 18 МВт), на дизельном топливе – WKL 40-80 (от 0,45 до 17,5 МВт), на мазуте (от 0,55 до 17,5 МВт), на газе/дизеле – WKGL 40-80 или газе/мазуте – WKGMS 40-80 (от 0,3 до 18 МВт). Промышленные горелки серии WKGL 70 в исполнении multiflame (от 1 до 10 МВт) работают на газе или дизельном топливе.

онные горелки для сжигания газа или жидкого топлива (мощность от 9 до 50 МВт), горелки серии PL с фурмой (от 5 до 25 МВт), горелки для сжигания сухого древесного порошка (от 6 до 25 МВт), горелки для различных видов газа (от 5 до 40 МВт).

### Riello

Компания Riello (Италия) выпускает несколько серий газовых горелок, на базе которых можно реализовать модулируемое управление: Gulliver BS/M (от 49 до 250 кВт), RS E-EV BLU и RS M BLU (от 500 до 8100 кВт), RS/E (MZ) и RS/M (MZ) (от 70 до 2655 кВт), RS/E BLU и RS/M BLU (от 70 до 2400 кВт), RS/P BLU (от 700 до 4500 кВт) и GAS 8 P/M (от 640 до 4885 кВт).

Также компания выпускает: дизельные RL/M (от 166 до 2431 кВт), RL/M BLU (от 360 до 1023 кВт), PRESS PG (от 830 до 5340 кВт) и мазутные горелки Press P/N (ECO) и Press P/NA (от 800 до 5130 кВт). Комбинированные горелки серий RLS E-EV MX (от 1,25 до 8 МВт), RLS M MX (от 1,12 до 8 МВт), RLS/BP MX (от 1,25 до 4,5 МВт), RLS/M MX(MZ) (от 350 до 2460 кВт) и GI/EMME (от 820 до 4650 кВт) работают на газе или дизеле, ENNE/EMME (от 0,814 до 5 МВт) – на газе или мазуте.

Промышленные модулируемые горелки Riello могут работать на сжиженном и природном газе, дизельном топливе, мазуте. К ним относятся устройства серии MB (от 1,1 до 10,4 МВт), блочные горелки ER (от 2,5 до 32 МВт) и DB (от 2,5 до 20 МВт).



JL (от 0,48 до 8,25 МВт), SKV-A (от 1,1 до 15,2 МВт), SKV (от 0,45 до 46 МВт). Комбинированные горелки: HLG (от 0,12 до 4,6 МВт), SKVG-A и SKVGD-A (от 1,17 до 15,2 МВт), JGL (от 0,48 до 8,25 МВт). Горелки SKVG и SKVGD (от 0,45 до 46 МВт) применяются для сжигания всех видов стандартного и нестандартного жидкого и газообразного топлива.

### Weishaupt

Модулируемое регулирование может быть реализовано в подавляющем большинстве горелок компании Weishaupt (Германия). Горелки на природ-

### ОАО «Завод «Старорусприбор»

Компания «Завод «Старорусприбор» выпускает серию газовых горелок ГБЛ. Серия включает 10 типоразмеров мощностью от 0,45 до 5 МВт, в которых может быть реализовано модулируемое управление. Также компания выпускает две комбинированные горелки ГБЛ-0,7 Комби и ГБЛ-1,2 Комби (0,7 и 1,2 МВт), работающие на природном газе, дизельном или печном бытовом топливе.

Обзор подготовил Д. Строганов.



# Оценка мощности выбросов в атмосферу при сооружении газовых котельных

В. Котлер, к.т.н.

*В данной статье речь пойдет об оценке мощности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сооружении котельных на природном газе, будут предложены рекомендации по решению экологических проблем при использовании природного газа в блочно-модульных котельных и других автономных источниках теплоснабжения.*

Результаты эколого-градостроительного анализа показывают, что размещение крупных котельных для систем центрального отопления в настоящее время неэффективно даже для крупных городов. Главная причина – требования по созданию санитарно-защитных зон, которые образуют значительные по размеру площади отчуждения. Кроме того, большая протяженность теплонесущих сетей снижает надежность и экономическую теплоснабжения.

Указанных недостатков лишены небольшие (квартальные) котельные на газообразном топливе. Массовые сооружения крышных и пристроенных котельных тепловой мощностью от 0,15 до 5,0 МВт становятся обычной практикой не только в

Москве, но и в других крупных городах России. Развитию этого направления способствует появление на рынке большого числа блочно-модульных котельных (БМК), содержащих весь набор необходимого оборудования и поставляемых заказчику в виде одного или нескольких транспортабельных блоков.

При работе таких котельных на природном газе практически единственным загрязнителем атмосферы являются оксиды азота  $\text{NO}_x$ , образующиеся в топках котельных установок. Другой потенциальный загрязнитель атмосферы –monoоксид углерода  $\text{CO}$  – является продуктом неполного сгорания, и его появление связано, как правило, с нарушением соотношения «топливо-воздух». В старых котлах с ручным регулированием топочного процесса это соотношение часто нарушалось, особенно в переходных режимах. Но в последние годы положение изменилось: все новые БМК оборудуют импортными или самыми современными отечественными котлами, на которых устанавливают АБГ – автоматизированные блочные горелки. Схемы регулирования таких горелок предполагают поддержание оптимального соотношения «топливо-воздух» на всех нагрузках, поэтому при своевременном контроле за состоянием оборудования вопрос о выбросах  $\text{CO}$  в атмосферу решается автоматически.

Остаются только оксиды азота –  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , которые обычно (условно) пересчитывают на более опасный диоксид азота  $\text{NO}_2$ .

## Определение величины выбросов $\text{NO}_x$ в атмосферу

При установке БМК (или при расширении существующей отопительной котельной) приходится согласовывать проект с контролирующими органами, в том числе – территориальными органами экологического контроля. И здесь возникают некоторые трудности методического характера.

Дело в том, что контролирующие органы требуют снижения до определенного уровня максимальной мощности выбросов  $M_{\text{NO}_2}$  (г/с) или количества валовых выбросов  $G_{\text{NO}_2}$  (кг/месяц, кг/год). Паспортные данные котлов часто содержат другую характеристику – *удельные выбросы  $\text{NO}_x$  ( $K_{\text{NO}_2}$ , г/МДж)*, или, для некоторых импортных котлов, – г/(кВт·ч), при этом учитывается, что 1 кВт·ч=3,6 МДж. А измеряется на действующих котлах концентрация  $\text{NO}_x$  ( $C_{\text{NO}_2}$ ) в дымовых газах, причем единица измерения концентрации чаще



всего – ppm, а иногда – мг/м<sup>3</sup> (в пересчете всех оксидов азота на NO<sub>2</sub>).

Поэтому для начала запомним некоторые соотношения между перечисленными выше параметрами.

1. Соотношение между удельными выбросами и концентрацией NO<sub>x</sub> имеет вид:

$$K_{NO_2} = C_{NO_2} \cdot V_{c.r.} \cdot 10^{-3}/Q_i^r, \text{ г/МДж} \quad (1)$$

Здесь C<sub>NO<sub>2</sub></sub>, мг/нм<sup>3</sup>, – концентрация оксидов азота (в пересчете на NO<sub>2</sub>, в сухой пробе дымовых газов при нормальных условиях: 0 °C, 101,3 кПа и 6 % O<sub>2</sub>, т.е. при α=1,4); V<sub>c.r.</sub>, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>, – объем сухих дымовых газов, образующихся при полном сгорании 1 м<sup>3</sup> природного газа с избытком воздуха α=1,4; Q<sub>i</sub><sup>r, МДж/нм<sup>3</sup>, – теплота сгорания 1 м<sup>3</sup> природного газа.</sup>

2. Соотношение между максимальной мощностью выбросов и концентрацией NO<sub>x</sub> имеет вид:

$$M_{NO_2} = C_{NO_2} \cdot B_p \cdot V_{c.r.} \cdot 10^{-3}, \text{ г/с} \quad (2)$$

Здесь, кроме описанных выше C<sub>NO<sub>2</sub></sub> и V<sub>c.r.</sub>, присутствует еще и B<sub>p</sub> – расчетный расход топлива при максимальной нагрузке, нм<sup>3</sup>/с.

Табл. 1. Коэффициенты пересчета единиц концентрации оксидов азота

Единицы, в которых заданы концентрации NO <sub>x</sub>	Единицы, на которые пересчитываются концентрации NO <sub>x</sub>		
	ppm=млн <sup>-1</sup>	% по объему	мг/м <sup>3</sup> при 0 °C и 101,3 кПа
ppm=млн <sup>-1</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	2,05
Объемная доля, %	10 <sup>4</sup>	1	20 500
мг/м <sup>3</sup> при 0 °C и 101,3 кПа	0,488	0,0488·10 <sup>-3</sup>	1

Табл. 2. Коэффициенты пересчета единиц удельных выбросов оксидов азота

Единицы, в которых заданы концентрации NO <sub>x</sub>	Единицы, на которые пересчитываются удельные выбросы NO <sub>x</sub>		
	г/МДж	г/Мкал	кг/т у. т
г/МДж (кг/ГДж, мг/кДж)	1	4,1868	29,300
г/Мкал (кг/Гкал, мг/ккал)	0,239	1	7,0
кг/т у. т. (г/кг у. т., мг/г у. т.)	0,034	0,143	1

Коэффициенты пересчета единиц концентрации и удельных выбросов оксида азота NO<sub>x</sub> см. в табл. 1 и 2.

В уравнениях (1) и (2) речь идет о сухих дымовых газах, так как все известные методы определения концентрации оксидов азота предполагают предварительное осушение отобранной пробы дымовых газов. Это обстоятельство имеет немаловажное значение, так как разница между объемами сухих и влажных газов достаточно велика: при сжигании природного газа, например, она может достигать 17 %.

Объем сухих дымовых газов может быть рассчитан по химическому составу топлива, который рекомендуется получить у поставщика топлива или найти в справочнике «Энергетическое топливо» (М., Энергоатомиздат, 1991 г.).

На практике необходимо учитывать следующее обстоятельство: состав реального топлива иногда существенно отличается от проектного, а определить фактический химсостав сжигаемого газа в условиях действующей котельной практически невозможно. Поэтому точный расчет объемов можно получить только

на стадии проектирования котельной, когда у авторов проекта есть полная информация о составе топлива. Для персонала, эксплуатирующего котельные установки, можно использовать упрощенный метод расчета как удельных выбросов оксидов азота (K<sub>NO<sub>2</sub></sub>, г/МДж), так и максимальной мощности выбросов (M<sub>NO<sub>2</sub></sub>, Г/с).

### Упрощенный метод расчета выбросов оксидов азота

Известно, что между объемом сухих дымовых газов и теплотой сгорания любого топлива существует линейная зависимость. Расчеты, выполненные для используемых в Российской Федерации природных газов различных месторождений, показали, что

$$V_{c.r.} = 0,345 Q_i^r \quad (3)$$

где V<sub>c.r.</sub> – объем сухих дымовых газов при α=1,4, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>, а Q<sub>i</sub><sup>r</sup> – теплота сгорания газа, МДж/нм<sup>3</sup>.

Воспользовавшись зависимостью (3), легко определить K<sub>NO<sub>2</sub></sub> и M<sub>NO<sub>2</sub></sub> по измеренной концентрации оксидов азота, даже не зная состава сжигаемого газа и не тратя времени на подробный расчет объемов продуктов сгорания.

Итак, если с помощью газоанализатора мы определили концентрацию оксидов азота при фактическом избытке воздухе α<sup>изм</sup>, то сначала требуется пересчитать эту концентрацию на стандартный (условный) избыток воздуха α<sub>0</sub>=1,4:

$$NO_x^{priv} = NO_x^{izm} \cdot \alpha_{0,izm} / \alpha_0 \quad (4)$$

Коэффициент избытка воздуха α при полном сгорании топлива может быть рассчитан по кислородной формуле:

$$\alpha = 21/(21 - O_2) \quad (5)$$

где O<sub>2</sub> – измеренное в пробе газа содержание кислорода, %.

Если учесть, что стандартный коэффициент избытка воздуха α<sub>0</sub>=21/(21-6)=21/15, то уравнение (4) можно переписать в таком виде:

$$NO_x^{priv} = NO_x^{izm} \cdot 15/(21 - Q_2^{izm}) \quad (6)$$

Большинство газоанализаторов измеряет объемную концентрацию NO<sub>x</sub> в ppm (1 ppm=10<sup>-6</sup>=см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Поэтому для оценки максимальной мощности выбросов M<sub>NO<sub>2</sub></sub> объемную концентрацию NO<sub>x</sub> нужно умножить на массу (ρ<sub>NO<sub>2</sub></sub> = 2,05 кг/нм<sup>3</sup>) и, разумеется, на расход природного газа, т.к. ранее речь шла о V<sub>c.r.</sub> – удельном объеме сухих дымовых газов от сжигания 1 нм<sup>3</sup> природного газа. Таким образом, получаем зависимость:

$$M_{NO_2} = NO_x^{priv} \cdot \rho_{NO_2} \cdot V_{c.r.} \cdot B_p \cdot 10^{-3} / 3600 \quad (7)$$

Здесь NO<sub>x</sub><sup>priv</sup> – это сумма объемных концентраций NO+NO<sub>2</sub>, ppm, пересчитанная на стандартный избыток воздуха α<sub>0</sub>=1,4.

Подставляя в последнее уравнение значения ρ<sub>NO<sub>2</sub></sub> = 2,05 кг/нм<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub><sup>priv</sup> из уравнения (6), V<sub>c.r.</sub> из уравнения (3), получаем окончательную зависимость для случая сжигания природного газа:

$$M_{NO_2} = \frac{2,95}{10^6} \cdot \frac{(NO + NO_2)}{(21 - O_2)} \cdot Q_i^r \cdot B_p \quad (8)$$

Здесь NO и NO<sub>2</sub> – измеренные концентрации монооксида и диоксида азота, ppm, O<sub>2</sub> – измеренная концентрация кислорода O<sub>2</sub>, %; Q<sub>i</sub><sup>r</sup> – теплота сгорания природного газа, МДж/нм<sup>3</sup>; B<sub>p</sub> – расчетный максимальный расход топлива, нм<sup>3</sup>/ч.

На рис. 1 приведена номограмма, которая позволяет графически определить максимальную мощность выбросов оксидов

азота  $M_{NO_2}$ , г/с. Пунктирной линией на этой номограмме показан пример: измеренная концентрация  $NO+NO_2=70$  ppm, измеренная концентрация  $O_2=3\%$ ; теплота сгорания газа – 34 МДж/м<sup>3</sup>; максимальный расчетный расход топлива – 400 нм<sup>3</sup>/ч. По номограмме, как и по уравнению, получаем: максимальная мощность выбросов оксидов азота (в пересчете на  $NO_2$ ) равна 0,156 г/с. Теперь только остается сравнить полученную величину с допустимой (разрешенной) мощностью выбросов оксидов азота.

### Расчет мощности выбросов $NO_x$ при отсутствии работающего котла

Выше речь шла о котельной, в которой уже установлен и работает котел, на котором можно измерить концентрации  $NO_x$  и  $O_2$  в дымовых газах. Но часто вопрос о мощности выбросов приходится решать еще на стадии проектирования, когда нет объекта измерения. Органы экологического контроля в таких случаях, как правило, не признают результатов измерения состава газов на таких же котлах, при сжигании такого же природного газа. В этом случае приходится прибегать к официальному документу – «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 т пара в час или менее 20 Гкал в час». Эта методика утверждена с 1 января 2000 г. Госкомитетом РФ по охране окружающей среды и действует по настоящему времени.

Основное уравнение этой эмпирической методики имеет следующий вид:

$$M_{NO_x} = B_p \cdot Q'_i [K_{NO_2} \cdot \beta_k \cdot \beta_t \cdot \beta_a (1-\beta_r)(1-\beta_\delta)] \cdot k_n \quad (9)$$

В этом уравнении, кроме уже известных величин ( $B_p$ ,  $Q'_i$  и  $K_{NO_2}$ ), имеется несколько безразмерных коэффициентов:

$\beta_k$  – коэффициент, учитывающий влияние конструкции горелки на образование  $NO_x$ . Для дутьевых горелок напорного типа (т.е. при наличии дутьевого вентилятора) принимается  $\beta_k=1,0$ . Для горелок инжекционного типа  $\beta_k=1,6$ . Для горелок двухступенчатого сжигания, к которым можно отнести блочные горелки большинства зарубежных производителей, принимается  $\beta_k=0,7$ .

$\beta_t$  – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого к горелке. При использовании окружающего воздуха без предварительного подогрева  $\beta_t=1,0$ . В остальных случаях

$$\beta_t=1+0,002(t_{r.v.}-30) \quad (10)$$

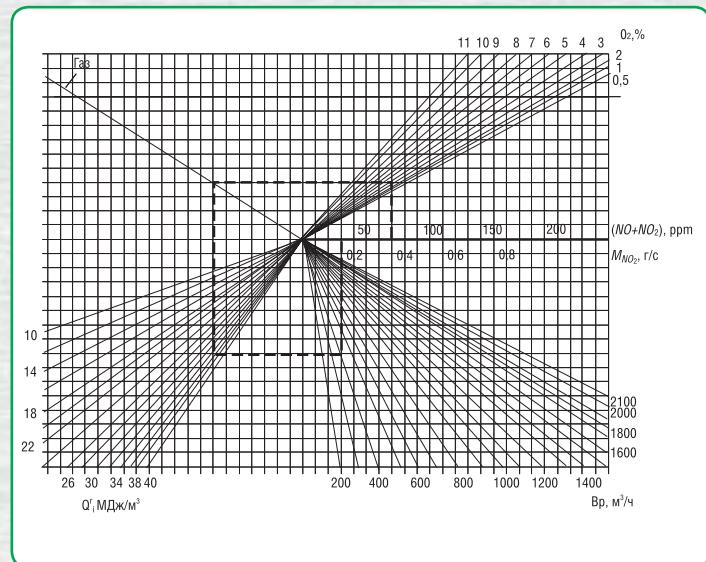
где  $t_{r.v.}$  – температура горячего воздуха, °С.

$\beta_a$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота. Для автоматизированных блочных горелок принимается  $\beta_a=1,0$ . Для крупных отопительных котлов с отечественными горелками, не оборудованными системами автоматического поддержания оптимального соотношения «топливо-воздух», принимается  $\beta_a=1,225$ . В тех случаях, когда на крупных отечественных котлах имеются результаты испытаний с измерением концентраций  $O_2$  и  $CO$  за котлом, можно воспользоваться эмпирическим уравнением для более точного определения  $\beta_a$ :

$$\beta_a = 1 - 0,1 (O_2 - 5/\bar{Q})^2 - 0,3 (O_2 - 5/\bar{Q}) \quad (11)$$

где  $\bar{Q}$  – относительная тепловая нагрузка котла, равная отношению фактической тепловой нагрузки к номинальной.

Для промышленно-отопительных котлов с инжекционными



Номограмма для расчета выбросов  $NO_x$  по измеряемой концентрации

горелками этот же коэффициент имеет другую зависимость:

$$\beta_a = 0,577 \sqrt{S''_{T_r}}, \quad (12)$$

где  $S''_{T_r}$  – разрежение в топке, кгс/м<sup>2</sup> (т.е. мм в.с.).

Далее в уравнении (9) имеются два коэффициента  $\beta_r$  и  $\beta_\delta$ . Первый из них учитывается при наличии рециркуляции дымовых газов через горелки:

$$\beta_r = 0,16 \sqrt{r}, \quad (13)$$

где  $r$  – степень рециркуляции дымовых газов, %.

Второй коэффициент учитывается при подаче части воздуха не через горелку, а непосредственно в факел (т.е. при организации двухступенчатого сжигания):

$$\beta_\delta = 0,022\delta, \quad (14)$$

где  $\delta$  – доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в % от общего количества организованного воздуха).

Главный параметр, от которого зависит мощность выбросов  $NO_x$ , – это удельный выброс оксидов азота,  $K_{NO_2}$ , г/МДж. Если поставщик котла гарантирует максимальную концентрацию  $NO_x$  в дымовых газах ( $c_{NO_2}$ , мг/м<sup>3</sup>), то величина  $K_{NO_2}$  может быть рассчитана по уравнениям (1) и (3). Если в паспорте котла отсутствует гарантированное значение  $c_{NO_2}$ , то можно воспользоваться упомянутой ранее «Методикой определения загрязняющих веществ...». В соответствии с этой методикой

$$K_{NO_2} = 0,0113 \sqrt{Q_T} + 0,03 \quad (15)$$

где  $Q_T$  – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт. При номинальной нагрузке величина  $Q_T$  известна из паспорта котла, а при сниженных нагрузках

$$Q_T = B_p \cdot Q'_i \quad (16)$$

где  $B_p$  – фактический расход топлива, нм<sup>3</sup>/с;  $Q'_i$  – теплота сгорания природного газа, МДж/нм<sup>3</sup>.

Еще один безразмерный коэффициент в уравнении (9) –  $k_n$ , коэффициент пересчета.

Если мы определяем максимальную мощность выбросов  $M_{NO_2}$ , г/с, то расход топлива  $B_p$  принимается в нм<sup>3</sup>/с и  $k_n=1,0$ .

Если же требуется подсчитать валовые выбросы (например, за 1 год), то расход топлива подставляет ся в тыс.  $\text{нм}^3/\text{год}$ , и тогда  $k_n=10^{-3}$ .

Изложенные выше рекомендации по определению экологических характеристик котла легко запомнить, рассмотрев несколько конкретных примеров – как для действующей котельной, так и при решении вопроса о сооружении отопительной котельной.

### Примеры определения экологических характеристик котлов на природном газе

В разделе, описывающем упрощенный расчет мощности выбросов оксидов азота, уже приведен пример использования номограммы. В этом примере было известно, что котел работает на природном газе с  $Q'_i = 34 \text{ МДж}/\text{м}^3$ , а максимальный расход газа  $B_p=400 \text{ м}^3/\text{ч}$ . По результатам анализа пробы дымовых газов было известно, что концентрация суммы оксидов азота  $\text{NO}+\text{NO}_2=70 \text{ ppm}$ , а содержание кислорода  $O_2=3 \%$ . По номограмме было установлено, что такому режиму соответствует мощность выбросов  $M_{\text{NO}_2}=0,156 \text{ г}/\text{с}$ .

Точно такой же результат можно получить аналитически, по уравнению (8):

$$M_{\text{NO}_2} = \frac{2,95}{10^6} \cdot \frac{70}{21-3} \cdot 34 \cdot 400 = 0,156 \text{ г}/\text{с}$$

Отметим, что произведение  $(Q'_i \cdot B_p)$  – это тепловая мощность котельной установки по введенному теплу. Следовательно, уравнением (8) можно воспользоваться даже в тех случаях, когда мы не знаем теплоты сгорания сжигаемого газа и расчетного расхода топлива. Достаточно знать максимальную тепловую мощность агрегата.

Рассмотрим еще один пример.

В котельной предполагается установить три водогрейных котла тепловой мощностью по 160 кВт с блочными горелками типа WG20N/1-A фирмы Weishaupt (Германия). Из паспорта горелки известно, что фирма Weishaupt гарантирует при максимальной нагрузке ( $B_p \cdot Q'_i = 0,16 \text{ МВт}$ ) содержание оксидов азота в дымовых газах не более 80  $\text{мг}/\text{м}^3$ . В соответствии с «Методикой определения выбросов...» можем подсчитать удельные выбросы  $\text{NO}_x$  по уравнению (15):

$$K_{\text{NO}_2} = 0,0113 \sqrt{0,16 + 0,03} = 0,03452 \text{ г}/\text{МДж}$$

Теперь можем воспользоваться уравнением (9), учитывая, что  $B_p \cdot Q'_i = 0,16 \text{ МВт}$ ;  $\beta_k=0,7$ ;  $\beta_t=1,0$ ;  $\beta_a=1,0$ ;  $\beta_r=0$  и  $\beta_\delta=0$ .

$$M_{\text{NO}_2} = 0,16 [0,03452 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1] \cdot 1 \approx 0,004 \text{ г}/\text{с}$$

При одновременной работе всех трех котлов с номинальной нагрузкой суммарная мощность выбросов составит, очевидно, 0,012  $\text{г}/\text{с}$ .

Учитывая, что фирма гарантирует максимальную концентрацию  $\text{NO}_x$  (80  $\text{мг}/\text{м}^3$ ), можем обойтись и без «Методики определения выбросов...». На основании приведенных ранее уравнений (2) и (3) можем записать:

$$M_{\text{NO}_2} = C_{\text{NO}_2} \cdot B_p \cdot 10^{-3} \cdot 0,345 \cdot Q'_i$$

Учитывая, что  $B_p \cdot Q'_i = 0,16 \text{ МВт}$ , получаем:



$$M_{\text{NO}_2} = 80 \cdot 0,16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,345 \approx 0,0044 \text{ г}/\text{с}$$

При одновременной работе трех котлов с номинальной нагрузкой получаем суммарную мощность выбросов котельной  $M_{\text{NO}_2}^\Sigma = 0,0044 \cdot 3 = 0,0132 \text{ г}/\text{с}$

Некоторое отличие этой цифры от результата, полученного по «Методике...» объясняется тем, что в «Методике...» для всех малотоксичных блочных горелок принят постоянный коэффициент  $\beta_k=0,7$ . Между тем различные производители газовых горелок добились разных успехов в деле снижения образования  $\text{NO}_x$ .

Еще один пример – крышная котельная с двумя водогрейными котлами отечественного производства типа ДЕВ-1,4-95Г. Эти котлы выпускает Бийский котельный завод. Их максимальная теплопроизводительность – 1,6 МВт, температура на выходе – 95 °C, расчетное давление – 0,6 МПа. Завод не гарантирует определенные выбросы оксидов азота, поэтому единственный способ оценки мощности выбросов  $\text{NO}_x$  – расчет по «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу...».

Итак, обращаемся к уравнению (9):  $B_p \cdot Q'_i = 0,16 \text{ МВт}$  (при номинальной нагрузке),  $\beta_k=1,0$  (отечественная горелка наддувного типа),  $\beta_t=1,0$  (воздухоподогреватель отсутствует),  $\beta_a=1,225$  (соотношение «топливо-воздух» поддерживается оператором),  $\beta_r=0$  (рециркуляция дымовых газов отсутствует),  $\beta_\delta=0$  (весь воздух подается через горелку).

Удельные выбросы определяем по уравнению (15):

$$K_{\text{NO}_2} = 0,0113 \sqrt{1,6 + 0,03} = 0,0443 \text{ г}/\text{МДж}$$

Максимальную мощность выбросов оксидов азота получаем по уравнению (9)

$$M_{\text{NO}_2} = 1,6 (0,0443 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 0,07 \text{ г}/\text{с}$$

При одновременной работе обоих котлов с номинальной нагрузкой мощность выбросов  $\text{NO}_x$  составит 0,14  $\text{г}/\text{с}$ .



Сегодня технологии водоподготовки на основе ионообменного фильтрования являются самыми применяемыми в умягчении и деминерализации воды. С их помощью возможно достичь качества воды, соответствующего самым строгим нормам разных промышленных и энергетических объектов.

## Ионообменные фильтры в практике водоподготовки

Я. Резник

Исторически сложилось так, что конструкции ионообменных фильтров в своем большинстве являются параллельноточными (прямоточными), то есть обрабатываемая вода и регенерирующий раствор движутся в фильтре в одном направлении – сверху вниз. По мере продвижения регенерационного раствора сверху вниз через слой ионита концентрационный напор – разность концентраций между ионами, например, калия и магния, ранее задержанными ионитом, и вытесняющими их ионами регенерирующего раствора (например, натрия) – становится всё меньше и меньше. В конце своего пути «слабый» регенерационный раствор встречается со слоем ионита, содержащего некоторое, хотя и небольшое, количество ионов, которые нужно вытеснить из ионита. Вытеснения не про-

исходит. В результате следующий поток обработанной воды не достигает необходимого качества.

Эта особенность технологии ионного обмена, а также свойства ионитов, регенерантов и лиотропных рядов (см. статью этого номера «Иониты в водоподготовке») определяют принципиальные недостатки традиционной ионообменной технологии очистки воды: большой расход реагентов и воды для отмычки ионита от остатков регенерационного раствора, а также большое количество сточных вод, качество которых не соответствует требованиям нормативных документов.

Выход из положения был найден технологами, предложившими для натрий-катионирования двухступенчатое (редко – трехступенчатое) фильтрование.

В фильтрах I ступени натрий-катионирования удаляется 95–99 % ионов жесткости, в фильтрах II ступени – 1–5 %.

Разновидностью двухступенчатого умягчения можно считать прямоточно-противоточное фильтрование: несмотря на название, в каждом из пары фильтров осуществляется прямоточное фильтрование. В первом фильтре умягчаемая вода и регенерационный раствор движутся в одном направлении – сверху вниз. Частично умягченная вода, вышедшая из первого фильтра, поступает на верх второго фильтра, и в нем также движется сверху вниз – как и регенерационный раствор этого второго фильтра.

Преимущества противоточного фильтрования были известны давно, но промышленное применение оно нашло лишь с появлением специальных конструкций

фильтров и развитого производства разнообразных высокоеффективных ионитов. По сравнению с прямоточной технологией, противоточная обеспечивает следующие показатели:

- уменьшение количества эксплуатируемых фильтров в 1,5–2,5 раза (скорость фильтрования воды до 35–45 м/ч);
- уменьшение расхода реагентов примерно в два и более раз (удельный расход кислоты 1,3–1,6 моль/моль, щелочи 1,4–1,5 моль/моль – при деминерализации воды, натрий хлорида 1,1–1,3 моль/моль – при умягчении воды);
- увеличение почти в два раза рабочей обменной емкости фильтра за счет свойств ионитов и возможности почти полностью заполнять фильтр ионитом;
- уменьшение расхода воды на собственные нужды примерно вдвое и, следовательно, уменьшение вдвое количества сточных вод;
- качество обработанной воды, получаемое при одноступенчатом противоточном фильтровании, – не хуже (подчас и лучше), чем при двухступенчатом прямоточном фильтровании.

При противоточной технологии ионирования наиболее хорошо регенерированный катионит расположен в том слое, который находится на выходе из фильтра, так как именно туда во время регенера-

ции поступает «свежий» регенерационный раствор.

Обрабатываемая вода проходит слои ионита с всё более увеличивающейся глубиной регенерации, то есть концентрационный напор сохраняется по всему пути воды. Тем самым обеспечивается высокое качество умягчения и деминерализации, наиболее полно используется рабочая обменная емкость ионита, уменьшается расход реагентов, воды на собственные нужды (взрыхление и отмыкация ионита), количество сточных вод.

В настоящее время известно несколько конструкций противоточного фильтрования. Принципиально они различаются по направлениям потоков: поток воды – снизу вверх, регенерация – сверху вниз; или наоборот, поток воды – сверху вниз, регенерация – снизу вверх.

### Противоточные фильтры

Одной из первых запатентованных противоточных технологий (60-е годы XX в.) была технология Schwebebett немецкой компании Bayer AG (с нем.: Schwebebett – взвешенный, плавающий слой), в которой обрабатываемая вода в фильтре направляется снизу вверх, а регенерационный раствор – сверху вниз.

Масса ионита находится в фильтре между двумя дренажно-

распределительными системами (трубы или плиты с перфорацией или колпачками со щелями). Между слоем ионита и верхней дренажно-распределительной системой расположен слой инертного гранулированного материала (обычно полизтилен) высотой 100–300 мм. Этот слой защищает верхнюю систему от засорения мелкими частицами ионита (следствие истирания или раскалывания зерен) и от загрязнений исходной воды. В некоторой степени слой инертного материала улучшает распределение потоков по сечению фильтра. Кроме того, в фильтре есть небольшое пространство для расширения (набухания) ионита.

Этой технологии присущи следующие недостатки:

- слой ионита очень чувствителен к изменению расхода обрабатываемой воды, к перерывам в работе: в этих случаях наблюдается внутрислойное перемешивание, что уменьшает эффект противоточного ионирования (требуется усиленная регенерация);

- необходимо регулярно производить взрыхляющие промывки, так как «мелочь» и загрязнения, скапливающиеся в верхней части слоя, могут быть унесены во время рабочего цикла в следующий фильтр или потребителю, если предварительно не взрыхлить и не отмыть слой ионита;

- взрыхление вынужденно проводится в специальной ёмкости, то есть неизбежно увеличение капитальных затрат;

- при желании осуществить в одном фильтре и катионирование, и анионирование, то есть двухслойное фильтрование, требуется секционировать фильтр распределительными тарелками, что еще больше увеличивает капитальные затраты.

В дальнейшем, с учетом эксплуатационной практики, технология Schwebebett получила разновидности Liftbett, Rinsebett и Multistep, призванные устранить вышеприведенные недостатки. Конструкция фильтра по технологии Liftbett (с нем.: Liftbett – поднятый слой) представляет собой две камеры – одну над другой. Камеры разделены дренажно-распределительной системой, которая для нижней камеры является верхней. Эта система и верхняя система верхней камеры защищены слоями инертного слоя. Нижняя камера



заполнена ионитом только на одну треть высоты – так, что оставшееся свободное пространство служит для расширения ионита во время взрыхления. Так как исходная вода проходит снизу последовательно две камеры, то слой в нижней камере воспринимает все загрязнения исходной воды, защищая слой ионита верхней камеры. Этот слой подвергается взрыхлению. Верхняя камера заполнена ионитом и инертным слоем полностью. Выгрузка ионита в другую емкость для взрыхления не нужна.

Технология Rinsebett (с нем.: Rinsebett – промываемый слой) предполагает следующую конфигурацию фильтра: в верхней части фильтра устанавливается перфорированная плита, через отверстия которой свободно могут проходить гранулы ионита. Под ней – дренажно-распределительная система для отвода из фильтра обработанной воды.

Часть ионита – так называемый покровный слой – находится над перфорированной плитой. Во время рабочего цикла этот слой препятствует чрезмерному расширению основного ионообменного слоя и поглощает основное количество загрязнений и ионитной «мелочи». Он же обеспечивает возможность проведения взрыхляющей промывки непосредственно в фильтре, без перегрузки ионита в специальную емкость.

Существенное отличие этой технологии от других противоточных технологий – возможность разбавления регенеранта неумягченной (недеминерализованной) водой и отмывка ионитов от остатков регенерационного раствора такой же водой. Это возможно потому, что верхний покровный слой ионита поглощает ионы исходной воды, и регенерационный раствор и отмывочная вода поступают к основному ионитному слою умягченными (деминерализованными).

Фильтр, работающий по технологии Multistep (с нем.: Multistep – многоступенчатый), состоит из двух или более камер, которые разделены перфорированными плитами или плитами с колпачками. Каждая камера, кроме верхней, имеет дренажно-распределительную систему. Через эти системы поступает как регенерационный раствор, так и отводятся сточные воды от регенерации предыдущей камеры.

При регенерации ионита сверху вниз ионит нижерасположенной камеры защищен от загрязнения продуктами регенерации блокирующим потоком воды навстречу указанным продуктам.

По технологии Multistep можно в одном фильтре провести все операции по умягчению и деминерализации воды.

Свой вариант противоточных фильтров предложила компания Rohm and Haas (Германия-США, с 2008 г. – в составе Dow Chemical Co.). Предложенное решение Amberpack (с англ.: Amberpack – янтарный слой) предусматривает загрузку всего объема фильтра ионитом, без инертного материала. Как и в описанных выше технологиях, обрабатываемая вода движется снизу вверх, регенерирующий раствор – сверху вниз. Взрыхляющая промывка в таком фильтре невозможна – иониту некуда расширяться. Поэтому предусмотрена периодическая выгрузка нижнего (фронтального по отношению к исходной воде) слоя ионита в специальную емкость для отмывки от взвешенных примесей. Технология очень чувствительна к содержанию в воде взвешенных веществ.

Технология UF от компании Degremont (Франция) так же, как и в предыдущем примере, предусматривает заполнение ионитом всего объема фильтра, но направление потоков другое: обрабатываемой воды – сверху вниз, регенерирующего раствора – снизу вверх.

Существует несколько работающих конструкций противоточной ионообменной технологии по системе с противодавлением. Одна из таких систем разработана ВНИИАМом и ВТИ (по типу конструкции фильтра, предложенного ранее немецкой компанией Steinmufer GmbH).

В фильтре монтируются три (по другому варианту – четыре) дренажно-распределительных устройства: нижнее, верхнее, среднее и блокирующее (второй вариант – без четвертого специального устройства). Средний дренаж погружен в объем ионита, и из него выводится отработанный регенерационный раствор. Обрабатываемая вода подается сверху



вниз. Регенерационный раствор – снизу вверх. Во время регенерации слой ионита находится в сжатом состоянии с помощью воды или сжатого воздуха, подаваемого через средний дренаж.

В некоторых зарубежных конструкциях компактное состояние слоя ионита поддерживается созданием вакуума в среднем дренаже.

Взрыхляется только верхний загрязненный слой ионита водой, подаваемой через средний дренаж. Удается, не нарушая основной слой ионита, взрыхлять верхний слой в течение 15–20 фильтроциклов.

Однако такой технологии присущи недостатки:

- требуются большие объемы воды для удержания регенерируемого зажатого слоя ионита в восходящем потоке раствора реагента;

- нерациональное использование полезного объема фильтра: необходимо свободное пространство над средним дренажно-распределительным устройством для заполнения ионитом во время взрыхления слоя над этим устройством;

- среднее устройство, испытывающее давление с двух сторон – регенерирующего и блокирующего потоков – может повреждаться (при нарушении равенства расходов потоков и одновременности их действия);

– после 10–15–20 циклов работы нижний слой ионита становится настолько плотным, что дополнительного требуется взрыхляющая промывка слоя ионита (кроме промывки слоя над средним дренажом). Нижний («поляризующий») слой разрушается, и после этого необходима усиленная регенерация ионита: двойным расходом натрий хлорида или двойным расходом регенерационного раствора с обычной концентрацией реагента.

Значительное применение в России находит технология АПКОРЕ (UP.CO.RE., с англ.: UPflow Countercurrent REgeneration – противоточная регенерация восходящим потоком), предлагаемая американским концерном Dow Chemical Co., которая обладает всеми преимуществами противоточных технологий и в то же время лишена описанных выше недостатков. Лицензию на разработку проектов с применением этой технологии приобрело в 1995 г. акционерное общество «Институт Теплоэнергопроект». За прошедшие годы технология UP.CO.RE была внедрена на Конаковской ГРЭС, Новгородской ГРЭС, Калининградской ТЭЦ-2, Щекинской ГРЭС, Среднеуральской ГРЭС, Первоуральской ГРЭС, ТЭЦ-27 г. Москвы, Ленинградской АЭС, Тверской ТЭЦ-2 и других объектах.

Одной из принципиальных особенностей этой технологии является наличие инертного материала и операция подъема слоя ионита: перед подачей в фильтр регенерационного раствора слой ионита в течение нескольких минут большим потоком воды поднимается вверх – до соприкосновения с инертным материалом. Во время этой операции все слои катионита остаются в прежнем состоянии, не перемешиваются. Регенерационный раствор пропускается снизу вверх с такой скоростью, что поднятый в предыдущей операции слой ионита остается прижатым к слою инертного материала. Две эти операции, помимо своих прямых функций, отменяют необходимость взрыхляющей промывки.

Верхнее дренажно-распределительное устройство прикрыто и как бы погружено

в слой плавающего слоя инертного материала. Через этот слой свободно проходят вода, взвешенные примеси, ионитная «мелочь», а целые гранулы ионита, которые мог бы унести поток в отсутствие инертного слоя, задерживаются. Так как во время рабочего цикла обрабатываемая вода движется сверху вниз, то слой ионита остается зажатым при любых колебаниях нагрузки, даже при полном прекращении подачи воды.

Однако для осуществления этой технологии требуется установка специального насоса или системы регулирования числа оборотов или частоты электротока на одном из существующих насосов – чтобы обеспечить быстрое поднятие слоя ионита перед регенерацией.

Отмывка катионита должна производиться умягченной водой, на ней же необходимо приготавливать регенерационный раствор. В противном случае часть обмен-

замения только внутренние дренажно-распределительные устройства.

Специально для технологии АПКОРЕ компания Dow Chemical Co. разработала серию ионообменных смол с хорошими гранулометрическими (монодисперсные), физико-механическими и кинетическими свойствами. В частности, не менее 92 % гранул ионита имеют размеры не более  $\pm 10\%$  средних значений размеров.

Тенденция замены гетеродисперсных (гранулометрически неоднородных) ионитов монодисперсными (однородными) сегодня преобладает. Кроме Dow Chemical, производство таких ионитов расширяют все ведущие производители: Bayer AG (Германия), Lanxess (Германия), Purolite (Великобритания) и др. В России подобные иониты пока не производятся. Поэтому в фильтрах по технологии ВНИИАМа и ВТИ используются, как правило, гетеросферные иониты российских и украинских заводов.

Фильтрование исходной воды на их основе осуществляется в направлении сверху вниз, а регенерационного раствора и отмывочной воды – снизу вверх. Инертный материал загружается сверху слоя ионита в количестве 10 % полезной вместимости фильтра.

Так как взвешенные примеси в слое гетеросферного ионита задерживаются не только верхним слоем, но и проникают вглубь ионитной загрузки, то приходится периодически перегружать ионит в специальную емкость для взрыхляющей его промывки – удаления взвешенных веществ и измельченных частиц ионита. В зависимости от загрязнения ионита – возрастания гидравлического сопротивления слоя – гидроперегрузке подлежит 20–80 % объема ионита.

Диаметры фильтра и емкости подобраны таким образом, чтобы в емкости промывка была более интенсивной, чем в фильтре. При промывке поток воды последовательно проходит фильтр с интенсивностью 1,25–2,50 л/(м<sup>2</sup>·с), затем емкость с интенсивностью 2,5–5,0 л/(м<sup>2</sup>·с). После возвращения отмытого ионита в фильтр его нужно подвергнуть двукратной регенерации.



ной емкости первого, наиболее хорошо регенерированного слоя катионита, будет затрачиваться на умягчение отмывочной воды и регенерационного раствора.

Простота технологии, универсальность конструкции позволяют использовать стандартные прямоточные фильтры для противоточного фильтрования,



При создании системы водоподготовки на основе ионообменных фильтров возникает проблема выбора смол: зачастую в технических условиях и паспортах ионитов указываются разные показатели их ионообменных свойств, что затрудняет их сравнение и сопоставление. В настоящей статье речь пойдет о ключевых показателях, на которые следует обращать внимание при выборе ионообменных смол.

## Ионообменные свойства синтетических ионитов (ионообменных смол)

Я. Резник

**О**бменная емкость ионитов (условно: возможности ионитов в качестве ионообменников) может быть представлена такими показателями: полная, рабочая, статическая (равновесная), динамическая.

### Полная (общая) обменная емкость

Полная обменная емкость (ПОЕ) – это общее количество ионообменных групп в единице объема влажного или массы сухого ионита. ПОЕ не зависит от концентрации и природы обменивающихся ионов, постоянна для данного ионита, но изменяется под термическим, химическим, ионизирующим воздействиями. Эта величина имеет, скорее, теоретическое значение. ПОЕ «сухих» катионитов – около 5 ммоль/г.

### Рабочая обменная емкость

Рабочая обменная емкость (РОЕ) – емкость, восстанавливаемая в процессе регенерации. Следовательно, ПОЕ учитывается для нового («свежего») ионита, РОЕ – для регенерированного ионита – эту величину можно измерять до проскака сорбируемого иона в фильтрат, и обычно принимают: РОЕ = РОЕ<sub>пр</sub>.

Обменная емкость может измеряться в статических и динамических условиях.

### Полная статическая обменная емкость (ПСОЕ)

Согласно ГОСТу 20255.1-84 ПСОЕ определяют выдерживанием определенного объема ионита в соляной или серной кислотах концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup> (аниониты) или в натрийгидроксида концентрацией

0,1 моль/дм<sup>3</sup> (сильнокислотные катиониты) и 0,5 моль/дм<sup>3</sup> (карбоксильные катиониты).

Сильноионизированные иониты (сильнокислотные катиониты, сильноосновные аниониты) выдерживают в контакте с кислотой или щелочью 2 ч, слабоионизированные (слабокислотные катиониты, слабоосновные аниониты) – 24 ч, при этом можно перемешивать смесь ионита и раствора кислоты или щелочи.

Считается, что за указанное время установится равновесие между концентрациями обмениваемых ионов в ионите и растворе.

Равновесную статическую обменную емкость (РСОЕ) определяют выдерживанием ионита в течение 12 ч в растворе натрийхлорида концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

### Полная динамическая обменная емкость (ПДОЕ)

По ГОСТу 20255.2-84 ПДОЕ определяется путем фильтрования раствора поглощающего иона через слой ионита определенной высоты, определенного объема и с определенной скоростью. Раствор пропускают через слой ионита до выравнивания концентрации фильтрата с концентрацией раствора на входе в фильтр.

Определяют также динамическую обменную емкость с заданным расходом регенерирующего вещества – имеется в виду, что обменная емкость ионита после регенерации заданным ограниченным количеством регенеранта восстанавливается не полностью, и фильтрование ведут до проскака в фильтрат (для разных ионитов) ионов кальция более 0,05 ммоль/л, или натрий гидроксида более 0,1 ммоль/л, или до уменьшения щелочности на 0,7 ммоль/л, или до появления в фильтрате остаточной кислотности не более 0,1 ммоль/л.

**Основная технологическая характеристика ионита – рабочая обменная емкость РОЕ<sub>пр</sub>.** Определить ее в лабораторных условиях или предварительно расчетом при проектировании можно лишь приблизительно. Точные значения устанавливают в конкретных условиях реального объекта.

Рабочая обменная емкость ионитного фильтра зависит от показателей:

- природа ионита;
- его гранулометрическая характеристика;
- качество исходной воды, причем зависимость определяется не только общим количеством улавливаемых ионов, но и соотношением их друг с другом;
- наличие в исходной воде железа, марганца, органических примесей;
- значение pH исходной воды, ее температура и температура регенерационного раствора;
- природа регенеранта, его чистота, концентрация, удельный расход;
- требуемые показатели качества получаемой после фильтрования через ионит воды;
- технология фильтрования: противоток или прямоток;
- высота слоя ионита;
- скорость рабочего, регенерационного и взрыхляющего фильтрования;

- удельный расход отмывочной воды;
- площадь фильтрования (площадь горизонтального сечения фильтра);
- применяемые (если применяются) интенсификаторы ионного обмена: магнитная обработка исходной воды и раствора регенеранта, добавление к регенерационному раствору комплексообразователей (комплексонов) и др.

Поэтому к указываемым в технических условиях производителей значениям обменной емкости ионита следует относиться с известной долей скептизма. Изготовители ионитов предусматривают экономически оптимальные расходы регенерантов, имея в виду, что рабочая обменная емкость должна достигать хотя бы 50–60 % полной обменной емкости.

Задавая эти данные, производители ионитов ориентируются на известные только им значения технологических показателей, перечисленных выше. И, конечно, им неизвестно качество исходной воды на объекте покупателя. Пользователей и покупателей ионитов извещают лишь о необходимом расходе регенерирующих веществ, но не всегда дают рекомендации о скорости фильтрования и других параметрах или дают эти сведения только при покупке ионита.

Обменная емкость измеряется в молях ионов, обмениваемых в 1 м<sup>3</sup> ионита в его влажном (набухшем) состоянии: моль/м<sup>3</sup> или ммоль/л. Так, например, если обменная емкость ионита равна 800 моль/м<sup>3</sup>, то это означает, что 1 м<sup>3</sup> такого ионита может извлечь 800 моль ионов из 100 м<sup>3</sup> воды при концентрации иона 8 моль/м<sup>3</sup>. Иногда обменную емкость выражают в молях ионов на 1 кг воздушно-сухого ионита: моль/кг.

### Селективность

Одно из важных свойств ионитов – селективность, то есть способность избирательно сорбировать из растворов некоторые



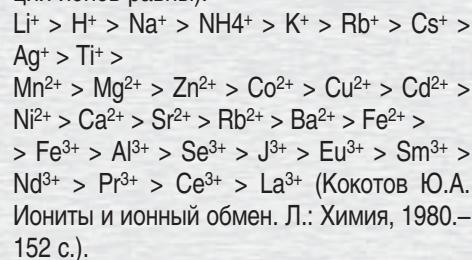
Рис. 1

ионы или группы ионов. Селективность ионитов определяется типом ионогенных групп, количеством «сшивок», размером пор ионита и составом раствора, находящегося в контакте с ионитом.

Селективность приходится учитывать при выборе ионитов, при определении технологических параметров умягчения и деминерализации воды и т. д.

Селективность ионитов, как правило, возрастает с увеличением заряда ионов, а в ряду ионов одинакового заряда – с увеличением радиуса негидратированного иона. Так, ионы Fe<sup>3+</sup> сорбируются сильнее, чем ионы Mg<sup>2+</sup>, а ионы Mg<sup>2+</sup> сильнее, чем ионы Na<sup>+</sup>. Селективность называют еще «сродством иона к иониту».

Для сульфокатионитов (сильнокислотных катионитов) характерен следующий лиотропный ряд. «Сродство» к иониту катионов, стоящих в этом ряду, возрастает слева направо, то есть «левые» поглощаются ионитом хуже катионов, стоящих справа (подразумевается, что концентрации ионов равны):



По материалам фирмы Rohm and Haas (концерн Dow Chemical, США) лиотропный ряд имеет несколько другой вид:  

$$\text{H}^+ > \text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ag}^+ > \text{Mn}^{2+} > \text{Mg}^{2+} >$$

$\text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Rb}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ .

В частности для водоподготовки это означает, что при одинаковой концентрации в растворе иониты лучше поглощают ионы железа, причем  $\text{Fe}^{3+}$  лучше, чем  $\text{Fe}^{2+}$ , несколько хуже  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  и еще меньше ионы калия и натрия. Кальций поглощается в 2,0–2,25 раза больше, чем натрий.

Отсюда два следствия для технологии водоподготовки:

- если ионит предназначен для умягчения или деминерализации воды, то в исходной воде должно быть как можно меньше железа и марганца;
- при умягчении воды и при регенерации ионита раствором натрия хлорида вынужденно приходится тратить реагента намного больше, чем требуется по стехиометрическому соотношению.

Если концентрации различных ионов не одинаковы, то – по закону действующих масс – ионитом поглощаются ионы, присутствующие в наибольшей концентрации. Поэтому, к примеру, несмотря на «слабость» иона натрия по сравнению с «сильными» ионами кальция и магния, удается регенерировать катионит – вытеснить из него ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , создавая концен-

трированный регенерационный раствор натрийхлорида.

Для карбоксильных (слабокислотных) катионитов обратный ряд селективности (при  $\text{pH}=7$ ) в  $\text{Na}^+$ -форме:

$\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Zn}^{2+} < \text{Fe}^{2+} < \text{Pb}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{H}^+$ .

Приведенные выше ряды селективности (лиотропные ряды) ионитов характерны для суммарного содержания ионов в воде не более 1000–1500 мг/л (минерализация воды 0,10–0,15 %). При больших концентрациях, например при 10 %-ной концентрации, ряды «обращаются»: сильнокислотный катионит более избирателен к иону натрия, а не кальция и т.п.

#### Показатели качества исходной воды, влияющие на обменную емкость ионитов.

##### Взвешенные примеси

Иониты вследствие наличия развитой структуры пор – хорошие сорбенты, в том числе и для неполярных веществ (например, масел), а ионообменные фильтры – из-за хорошей дисперсности ионитной загрузки – задерживают большую часть грубо- и коллоидно-дисперсных частиц: глина, песок, кальцийкарбонат, гидроксиды железа, алюминия, соединения кремния, микроорганизмы, масла, жиры и др. Все эти вещества обволакивают зерна ионитов, заполняют поры и, таким образом, блокируют ионообменные центры ионитов. Одно из следствий – уменьшение производительности фильтров и увеличение потерь давления.

Предельные значения мутности исходной воды, которые допускают технические условия на поставку ионитов, – 2–5 мг/л (по  $\text{SiO}_2$ ), а зарубежные производители требуют даже не более 1 мг/л; для противоточных фильтров – не более 0,5–1,0 мг/л.

##### Железо и марганец

Железо содержится в природной воде практически всегда и в разных формах. Если на ионит попадают нерастворимые формы железа – гидроксид железа (III)  $\text{Fe(OH)}_3$  или коллоидные формы, то они действуют, как вышеописанные взвешенные примеси.

При содержании в воде или реге-

нерационном растворе кислорода в достаточном количестве  $\text{Fe}^{2+}$  окисляется до  $\text{Fe}^{3+}$  – катионит загрязняется  $(\text{Fe(OH)})_3$ .

Если железо содержится в растворенном виде, например,  $\text{Fe(OH)}_2$ , то, в соответствии с рядом селективности катионитов, железо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) при умягчении воды задерживается раньше и лучше ионов кальция и магния и хуже (труднее) вымывается из ионита при его регенерации натрийхлоридом.

Когда железо присутствует в исходной воде в виде гуматов (солей гуминовых кислот), то трудности возникают в работе анионитных фильтров (в схемах деминерализации воды проектируемых после катионитных фильтров), где эти соединения поглощаются и плохо вымываются при регенерации.

Железо попадает в воду не только в природных условиях, но и в результате коррозии аппаратов и трубопроводов водоподготовки. И в этих случаях железо может находиться в ионной, коллоидной и грубодисперсной формах.

Аналогичные сведения могут быть представлены и в отношении марганца. Во избежание ухудшения технологических свойств ионитов, фирмы-производители ионитов нормируют содержание железа и марганца перед ионитами.

По российским нормам содержание железа в исходной воде перед натрий-катионитными фильтрами не должно быть больше 0,3 мг/л, а перед водород-катионитными фильтрами – не более 0,5 мг/л. Зарубежные фирмы устанавливают еще более строгие нормы: перед натрий-катионитными фильтрами – 0,1 мг/л, перед водород-катионитными – не более 0,3 мг/л.

В станциях очистки парового конденсата, где ионообменные фильтры часто служат и осветлительными фильтрами, содержание железа между двумя регенерациями или промывками допускается не более 0,5 мг на 1 л влажного ионита.

Содержание марганца в исходной воде рекомендуется не более 0,1 мг/л.

##### Алюминий

Опасность алюминия для ионитов имеет смысл учитывать, когда в качестве предварительной очистки воды предусматривается коагулирование примесей солями



Рис.2

**Табл. Содержание хлора ( $\text{Cl}_2$ ) в воде перед ионообменными фильтрами, мг/л, не более**

Иониты	Умягчение воды			Деминерализация воды	
	Temperatura воды, °C				
	<15	15–25	>25		
Гелевые сильнокислотные катиониты	0,3	0,2	0,1	0,1	
Макропористые сильнокислотные катиониты	0,5	0,4	0,3	0,3	

алюминия. Тогда тоже – при нарушениях технологического режима коагулирования – возможно попадание растворимых и нерастворимых соединений алюминия на иониты.

Поэтому для алюминия ограничивается его содержание в воде перед ионитными фильтрами – не более 0,1 мг/л.

#### *Хлор, кислород, озон*

Сильные окислители, содержащиеся в воде, разрушают органическую матрицу (каркас) ионита. Особенно это заметно в отношении гелевых сильнокислотных катионитов. При этом железо еще более усиливает (катализирует) действие сильных окислителей на ионит.

Макропористые и слабокислотные катиониты несколько меньше подвержены действию этих окислителей.

Пока наиболее распространенный метод дезинфекции воды, к сожалению, – хлорирование. Допускаемое содержание хлора в воде – в таблице.

#### *Органические вещества*

Наличие в исходной воде органических веществ особенно опасно для анионитов, то есть в схемах деминерализации воды. Органические вещества исходной воды адсорбируются анионитами, уменьшая тем самым обменную емкость анионита по ионам солей. Предсказать степень «отравления» анионитов органическими веществами невозможно: нужны испытания ионита на воде конкретного объекта. В природной воде обнаружено не менее пяти видов гумусов (почвенных органических веществ). Видов же техногенных и антропогенных органических веществ многократно больше.

Но и для катионитов большое количество органических веществ в исходной воде опасно – их количество нормируется.

Органические вещества проникают в «тело» зерна ионита, там они полимеризуются (увеличиваются в размерах), и

вытеснить их из зерна, даже с помощью раствора натрийхлорида, довольно трудно. Необходимо растворение «органики», например щелочью.

По российским нормам перманганатная окисляемость исходной воды (косвенный показатель содержания в воде органических веществ) не должна быть больше 5–7 мгО/л в зависимости от применяемой технологии.

#### *Бактерии*

Иониты – хорошая среда для развития бактерий, водорослей, грибков. Значительная их часть при регенерациях и промывках погибает и/или вымывается из слоя ионита. Однако при нерегулярной эксплуатации фильтров, при длительных перерывах в работе начинается бурный рост микроорганизмов, особенно на анионитах, чьи аминные группы благоприятствуют жизнедеятельности бактерий.

Самая эффективная форма очистки – обработка исходной воды хлором, озоном,

другими сильными окислителями, ультрафиолетовыми лучами. В случае планового длительного простоя фильтра желательна консервация раствором формалина или концентрированным раствором натрийхлорида.

Перед включением в работу (независимо от консервационных – проведенных или не проведенных – мероприятий) следует слить в канализацию количество воды, равное (не менее) двум объемам смолы, – если фильтр катионитный, и (не менее) пяти объемам ионита, если фильтр – анионитный или содержит смесь катионита и анионита.

В начале умягчения воды – после регенерации и отмычки катионита – возможно некоторое увеличение значения жесткости воды после натрий-катионитного фильтра – из-за вымывания остатков солей жесткости после предыдущего цикла умягчения. Эти остатки не были удалены в процессе отмычки катионита после регенерации.



Рис.3

### Выбор ионитов

Выбор ионитов производится по техническим условиям изготовителей, по потребителей очищенной воды и, конечно, экономическим показателям. Некоторые рекомендации для выбора катионитов изложены ниже.

1) Температура обрабатываемой воды и регенерационного раствора допустима: для полистирольных сильнокислотных катионитов – до 120 °С, полиакриловых слабокислотных катионитов – до 150 °С (редко и кратковременно).

2) Окислители меньше разрушают макропористые иониты с большей, по сравнению с гелевыми ионитами, долей «сшивющего» агента – дивинилбензола (ДВБ).

3) Для фильтров с большими скоростями фильтрования, например, при противоточной технологии, рекомендуется применение моносферных ионитов с крупными зернами.

4) Малый проскок ионов обеспечивается ионитами с большим количеством «сшивок» – с высокой селективностью, но при этом требуется большой расход регенеранта.

5) Краткие циклы фильтрования означают частые осмотические удары по ионитному зерну. В этих условиях макро-

пористые иониты устойчивее гелевых. Осмотический шок возникает и при применении концентрированных регенерационных растворов. Поэтому, по возможности, следует применять многоступенчатую регенерацию: сначала раствором малой концентрации, затем – большой.

6) Технология фильтрования с частым периодическим транспортированием ионита

в специальную емкость для взрыхления и очистки также требует применения прочных на истирание ионитов.

7) У слабокислотных гелевых катионитов обменная емкость в сопоставимых условиях обычно больше, чем у слабокислотных макропористых, но механическая прочность меньше. Поэтому во время работы с ионными парами ( $\text{Na}^+$  или  $\text{NH}_4^+$ ) – ( $\text{Ca}^{2+}$  +  $\text{Mg}^{2+}$ ) осмотическое давление будет большое, и лучше выбирать макропористые катиониты (небольшая степень набухания).

8) Когда требуется использование сильнокислотных катионитов, чаще применяют гелевые катиониты с «сшивками» ДВБ – 8 % – для деминерализации и умягчения воды; если нужно только умягчение, то можно применить катиониты с 6 % ДВБ, для получения особо чистой воды – 10–12 % ДВБ. Макропористые сильнокислотные катиониты применяются реже.

9) Полиакриловые иониты имеют большую обменную емкость и хорошую осмотическую стабильность, но требуют большой расход воды для отмычки после регенерации.



## «Русфильтр» подписал лицензионное соглашение с Dow Chemical



10 апреля 2012 г. НПО «Русфильтр» в лице президента компании Владислава Марсавина подписало лицензионное соглашение с международным многоотраслевым химическим концерном Dow Chemical в лице Ильхама Кадри, коммерческого директора направления по водоподготовке DowWater & Process Solutions (DW&PS) в регионе EMEA (страны Ближнего Востока и Африки), а также генерального директора подразделения высокотехнологичных материалов Advanced Materials (AMD). Подписанное соглашение позволяет размещать знак «Dow inside» на баромембранных фильтрах Atoll производства «Русфильтр».

# ПромЭКСПО

12 Всероссийская промышленная выставка



- Металлургия. Металлообработка
- Машиностроение • Станкостроение
- Автоматизация
- Сварка. Резка. Контроль
- НефтеГазХимия
- Электротехника. Автоматика
- Энергетика. Энергосбережение.
- Энергоэффективные технологии

Организатор



Выставочный центр «ВолгоградЭКСПО»

Т/ф: (8442) 55-13-15, 55-13-16

E-mail: vpv@volgogradexpo.ru

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

Информационный партнер



**25-27**  
**СЕНТЯБРЯ**  
**ВОЛГОГРАД**  
ЭКСПОЦЕНТР

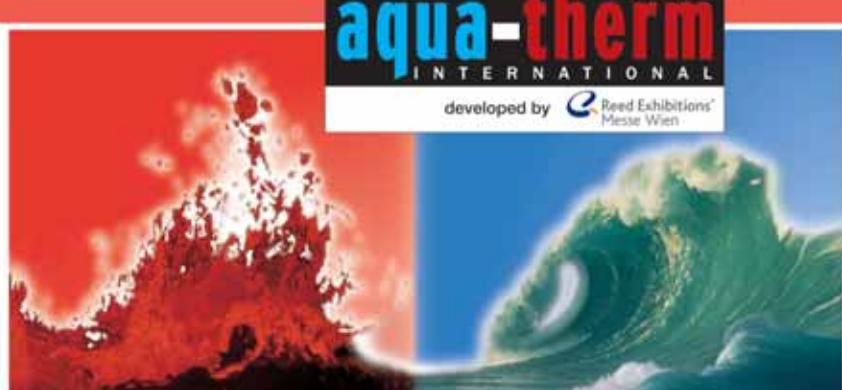
[www.aquatherm-baku.com](http://www.aquatherm-baku.com)



**17-20**  
**Октября 2012**

Баку Экспо Центр  
Баку, Азербайджан

[www.facebook.com/AquaThermBaku](https://www.facebook.com/AquaThermBaku)



## Aqua-Therm Baku 2012

4-я Международная Выставка  
«Отопление, Вентиляция, Кондиционирование,  
Водоснабжение, Сантехника, Технологии по Охране  
Окружающей Среды, Бассейны и Возобновляемая Энергия»

AQUA-THERM BAKU  
Совместно с

BakuBuild



ITE GROUP PLC

105 Salusbury Road, NW6 6RG • Лондон, Великобритания  
Тел. +44 207 596 5077 • Факс +44 207 596 5110  
[tracyw@ite-exhibitions.com](mailto:tracyw@ite-exhibitions.com)



ITECA CASPIAN LLC

Az1110, Баку - Азербайджан • Ул. Ак. Гасана Алиева, 63  
Тел. +994 12 404 1000 • Факс +994 12 404 1001  
[build@iteca.az](mailto:build@iteca.az)



# Промышленный сегмент на SHK – ISH Moscow 2012

В этом году компании Messe Frankfurt и Messe Düsseldorf объединили силы для проведения совместного проекта – выставки SHK – ISH Moscow 2012, прошедшей 17–19 апреля в ЦВК «Экспоцентр» (Москва). Тем не менее, экспозиция оказалась маленькой по сравнению с прошлыми годами: в одном зале уместились все 130 экспонентов, другой зал был отдан под буфет и конференц-зал.

На объединенной выставке были представлены традиционные разделы SHK: отопительная техника; водоснабжение для систем отопления; контрольно-измерительные приборы; системы управления техническим обеспечением зданий; трубы; монтажное оборудование и пр. К ним добавились разделы ISH: системы кондиционирования и вентиляции; сантехника и оборудование для ванных комнат; водоподготовка; инсталляционные технологии и сервисное обслуживание.

Из всего этого предложения сегмент оборудования для промышленных котельных представляли считанные стенды: на выставке отсутствовали ведущие зарубежные производители котельного и насосного оборудования, которых мы привыкли видеть, отсутствовали крупные дилерские фирмы. Тем не менее, по отдельным направлениям была достаточно представительная подборка. В частности, пластинчатые теплообменники в этом году представляли компании Funke (Германия), «Теплотекс АПВ» (Москва) «Альфа Лаваль Поток» (г. Королев, Московская обл.). Современные жаротрубные паровые котлы отечественного производства можно было осмотреть на стенах компаний «Рэмэкс-Энерго» и «Вольф Энерджи Солюшен». Промышленные горелочные устройства были на стенах компаний Giersch и Saacke (обе – Германия).

## Жаротрубник от «Рэмэкса»

ООО «Компания Рэмэкс-Энерго» (г. Черноголовка, Московская обл.) продемонстрировала трехходовой стальной водогрейный жаротрубный котел



Турботерм-Стандарт (TTC) 800, оснащенный дизельной горелкой Weishaupt. Серия TTC включает котлоагрегаты пяти типоразмеров номинальной мощностью 250, 500, 650, 800 и 1000 кВт. Оригинальная трехходовая конструкция с симметричным концентрическим расположением трубы и жаровых труб позволяет существенно уменьшить габаритные размеры и вес котла на единицу тепловой мощности (до 1,8–2,46 кг/кВт), что дает возможность расширить область применения котлов TTC при реконструкции существующих котельных и строительстве новых компактных БМК. Оптимальное соотношение размеров топки (жаровой трубы) способствует полному сгоранию топлива с низкой эмиссией вредных веществ в уходящих газах.

## Паровой котел из Саратова

Компания «Вольф Энерджи Солюшен» ( завод Wolf Energy Solutions, г. Саратов) представила жаротрубный паровой котел Polykraft VTF с горелкой Polykraft-Suenod, работающей на всех видах топлива. Линейка данных котлов с тупиковой топкой и периферийным пучком дымогарных труб имеет производительность по пару от 0,5 до 25 т/ч, тепловую мощность – от 1,36 до 17 МВт, рабочее избыточное давление – 9, 12, 15 бар (т насыщенного пара – 180, 190, 200 °C). В стандартный комплект поставки входят: указатель уровня прямого действия Bonetti (2 шт.), главный паровой запорный и предохранительный клапаны Ari Armaturen, манометр с трехходовым краном Wika, группа питательных насосов Wilo с обратными клапанами, манометрами и запорной арматурой (2 шт.). Также в стандартную комплектацию вхо-



дит система безопасности котла по уровню воды и по давлению пара (рабочее и блокирующее реле давления Danfoss). Котлы оснащаются системой управления Polykraft, включающей шкаф управления (исполнение IP54) и контроллер с мнемосхемой работы котла.

### Цельносварные теплообменники Funke



Компания Funke привезла на выставку цельносварные пластинчатые теплообменники FunkeBlock FPB и FunkeFlex FPF. Теплообменники FunkeFlex FPF на основе сварного пакета пластин из нержавеющей стали имеют максимальное рабочее давление 40 бар и максимальную рабочую  $t=600$  °C. Модели FunkeFlex FPB представляют собой конструкцию со съемными уплотненными плитами, сердцевиной которой является сварной пакет пластин, имеют максимально допустимое давление 32 бар и максимально допустимую  $t=300$  °C. За счет пластин различного профиля – Tubular, Chevron и Dimple – применение теплообменников возможно практически во всех сферах тепловых процессов.

### Разборные теплообменники APV

На стенде компании «Теплотекс АПВ» посетителям выставки демонстрировались несколько разборных пластинчатых теплообменников: от маленького, стоящего прямо на стойке, до большого (с



диаметром 150 мм), с характерной для APV боковой поверхностью пакета пластин в форме сот. В теплообменниках с большими диаметрами (серии Q, A и J) применяются пластины с клемпинговой системой, которая при сборке позволяет центрировать пластины и уплотнения в теплообменнике, увеличивает жесткость конструкции и особенно актуальна для аппаратов с большим количеством пластин. У разборных теплообменников APV максимально допустимое давление составляет 25 бар, максимально допустимая  $t=200$  °C.

### Паяные теплообменники Alfa Laval



Компания «Альфа Лаваль Поток» представила на своем стенде паяные пластинчатые теплообменники CB30 и CB60, предназначенные для систем отопления и холодоснабжения. По сравнению с предшествующими моделями (CB27) эти теплообменники обладают более высоким КПД при уменьшенной площади поверхности теплообмена и характеризуются меньшим гидравлическим сопротивлением. При этом размещение и размеры соединительных патрубков соответствуют ранее выпускавшимся моделям. Также был показан модуль AquaEasy, который можно подключать к любой системе теплоснабжения для обеспечения потребности в ГВС (до 350 кВт).

### Горелка серии Teminox



Компания Saacke показала горелочное устройство GS 130a из серии Teminox, предназначенное для сжигания жидкого топлива или натурального газа на промышленных жаротрубных трехходовых, водотрубных, термомасляных котлах и котлах с реверсивной топкой. Горелка имеет широкий диапазон регулирования мощности, предельно низкие выбросы оксида азота, эффективную шумоизоляцию, работает в диапазоне мощности 1,4–9,8 МВт с давлением 100–350 мбар. Автоматическая система безопасности способна обеспечить непрерывную работу установки без контроля персонала в течение 72 ч.

# Теплоэнергетика XXI века

А. Преображенский

XVI Международная конференция «Теплоэнергетика XXI века», традиционно проводящаяся Клубом теплоэнергетиков «Флогистон» на территории пансионата «Юность» (г. Щелково, Московская обл.), проходила в этом году с 12 по 14 апреля.

Как и в прошлые годы, форум стал площадкой для встречи профессионалов теплоэнергетической отрасли, где совмещаются прекрасный отдых, живое полемическое общение и насыщенная программа деловой части, в которой можно было услышать мнение ведущих специалистов отрасли: руководителей ведущих отечественных и зарубежных компаний, сотрудников научных центров. На открытии конференции со вступительным словом выступил президент Клуба теплоэнергетиков «Флогистон» Р. Ширяев. С приветственным словом от Администрации Щелковского района Московской области обратился к участникам конференции начальник отдела по развитию коммунального хозяйства В. Шкиптан. О проблемах и путях развития теплоэнергетического комплекса МО рассказал замначальника Управления отдела теплоснабжения Управления инженерной структуры Министерства ЖКХ МО И. Костин.

Деловая программа мероприятия охватывала насущные вопросы и пере-

довые тенденции развития российской теплоэнергетики. В первый день конференции значительное внимание уделялось вопросам саморегулирования в отрасли и проблеме перехода на Еврокоды. С докладами по данной тематике выступили исполнительный директор Некоммерческого партнерства саморегулирующих организаций и «ОРСКБ» и рабочей группы экспертов Россия-ЕС по ЕвроКодам В. Муляр, генеральный директор НП «Котломонтаж-газсервис» О. Литвинов, директор Национального союза СРО А. Аникушин и др. Во второй половине первого дня конференции большой интерес участников вызвали доклады по проблемам предотвращения коррозии рабочих поверхностей паровых котлов и загрязнения пара и конденсата, сделанные научным консультантом и постоянным автором изданий Издательского Центра «Аква-Терм» Я. Резником. Тема эффективной водоподготовки без реагентов была поднята в докладе директора компании «Гидрофло» В. Суворова.

И в первый, и во второй день конференции большое внимание уделялось проблемам использования в теплоэнергетике возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива. Эти темы прозвучали в докладах генерального директора МПНУ «Энерготехмонтаж» Р. Ширяева, рассказавшего об опыте внедрения совместного сжигания биогаза от очистных сооружений пивоваренных

заводов и природного газа, в докладе специалиста компании Vaillant (Германия) Л. Азимовой о теплонасосных установках и солнечных коллекторах, которые поставляются компанией на российский рынок, а также в докладах ряда других участников.

Параллельно заседаниям в фойе проводилась выставка, в которой с экспозициями приняли участие такие компании, как «Мосфлоулайн», НПО «Верхнерусские Коммунальные системы», ООО «ТехноИнжПромСтрой», ООО «Канон Евразия» – российский представитель ведущего итальянского производителя промышленного котельного оборудования Cannon Bono Energia и др.

Традиционно участники конференции совершили ознакомительные экскурсии в Звездный городок и на производственно-техническую базу ОАО МПНУ «Энерготехмонтаж» (г. Щелково) для осмотра мини-ТЭЦ, в составе которой работают вакуумный котел Dakuma (Япония) мощностью 232 кВт, водогрейный котел Garioni Naval (Италия) мощностью 580 кВт и микротурбина Capstone (США) мощностью 30 кВт.



# Конгресс «Биомасса: топливо и энергия – 2012»

17–18 апреля 2012 г. в «Ирис Конгресс Отель» (Москва) состоялся конгресс «Биомасса: топливо и энергия», в работе которого приняли участие компании и научные организации из России, Дании, Германии, Франции, Финляндии, США. Мероприятие проходило при поддержке Российского Энергетического Агентства РФ, а также технологических платформ «Биотех-2030» и «Биоэнергетика».

**К**онгресс по биомассе был открыт В. Басковым, заместителем генерального директора Российского

также о «зеленом» суперадсорбенте, который может стать отличной альтернативой сегодняшним продуктам.

Второй день конгресса был посвящен обсуждению вопросов производства биоэнергии из древесной биомассы, биодизеля. Также прошли дискуссии о современном состоянии технологий производства биотоплива второго и третьего поколений. Большое оживление вызвали вопро-

финской компании Fortum, рассказавшего о реализуемых в России проектах по утилизации древесных отходов, и Я. Сергеевой, старшего научного сотрудника Института микробиологии им. Виноградского РАН, сделавшей доклад на тему получения биотоплива на основе липидов мицелиальных грибов.

Конгресс уже не в первый раз становится местом для встречи профессионалов биотопливной промышленности, где можно услышать мнение как ведущих зарубежных компаний, лидеров в области биотоплива и биоэнергии из разных стран, так и представителей российского рынка биотоплива, государственных учреждений, научных институтов.

В рамках конгресса состоялись стендовые презентации компаний Alfa Laval (Швеция), ГосНИИгенетика, Novozymes (Дания), НПК «Экология» и др., составившие небольшую выставку по биомассе и биоэнергетике.

Энергетического Агентства РФ, выступившим на тему государственной политики в области развития биоэнергетики. По его словам, рациональное локальное использование биоресурсов, включая торф, – это не только забота об экологии и экономическая выгода, но также и ключ к развитию и процветанию удаленных российских регионов. К. Аннала, представитель компании Indufor Oy (Финляндия), в своем докладе представила последние нормативно-правовые аспекты развития и применения биотоплива в России и Европейском Союзе. А. Осьмакова рассказала об основных направлениях деятельности российской технологической платформы «Биотех-2030» и возможностях, которые она предоставляет для бизнеса и научного сообщества. Также в секции «Биозавод» выступила О. Селифонова, генеральный директор компании Reluceo, с докладом о новом биопластике из целлюлозосодержащего сырья и его применении, а



сы терминологии в сфере биоэнергетики и, в частности, продвигаемый термин «бионефть», которым, по мнению докладчиков из Санкт-Петербургской лесотехнической академии, можно привлечь потенциальных инвесторов в отрасль. Большой отклик зала вызвали доклады В. Шмыглова, представителя



# Водотрубные паровые котлы в Интернете

На сайтах ведущих производителей паровых и водогрейных котлов можно найти подробную информацию о выпускаемой продукции (технические характеристики, руководства по монтажу и эксплуатации, сертификаты качества и разрешения, требования к воде), а также скачать опросные листы, каталоги комплектующих и запчастей, нужные контакты.

<http://www.bay-boiler.com/ru/index.php>

Русскоязычная версия сайта компании BBS (Германия), осуществляющей разработку, производство и поставку паровых, водогрейных и термомасляных котлов, топок на биомассе, контейнерных котельных, паровых накопителей, экономайзеров и т. д. На сайте можно получить информацию о продукции компании и ее логистических возможностях, узнать адреса партнеров компании в 20 странах и др. Компания выпускает водотрубные паровые котлы производительностью от 1 до 25 т/ч.

<http://www.bikz.ru/>



Официальный сетевой ресурс ОАО «Бийский котельный завод» – крупнейшего российского предприятия, осуществляющего разработку и производство паровых и водогрейных котлов, вентиляторов и дымососов. На сайте можно получить исчерпывающую информацию о компании (история, адреса представительств, достижения, контактные данные, новости и т.д.) и о ее продукции (технические описания, каталоги запасных частей, референц-листы и прайс-листы), узнать об условиях предоставления сервисных услуг, сделать онлайн заказ, задать вопрос специалистам завода и т.д. Паровые котлы представлены сериями Е-1,0-0,9 и ДСЕ-4,0, работающими на газе, жидким топливе, нефти, на каменном и буром угле, и серии КЕ, Е и ДЕ, использующим технологию кипящего слоя. Их производительность по пару составляет от 1 до 75 т/ч. Также завод поставляет большое количество дополнительного оборудования для производства и обработки пара, например, пароподогреватели.

<http://bonomts.kiev.ua>

ООО «МТС-Экспо» (Украина) является официальным представителем компании Bono Energia (Италия), выпускающей котельное и водоподготовительное оборудование, системы защиты окружающей среды. На сайте размещена информация о котлах различных типов, электронных системах управления котлами, системах водоподготовки для производства пара и для энергетических установок и др. Паровые водотрубные котлы представлены двумя моделями Clajtub CTD-S и Clajtub CTD производительностью от 8 до 60 и от 60 до 150 т/ч.

<http://www.booster-sibir.ru>



Официальный русскоязычный сайт южнокорейской компании Booster, занимающейся производством паровых и водогрейных котлов, каскадных котельных, аксессуаров и дополнительного оборудования. На сайте можно получить полную информацию о продукции компании: технические характеристики, руководства по монтажу и эксплуатации, сертификаты качества и разрешения, требования к воде и др. Также здесь можно скачать полный каталог и опросные листы, необходимые для заказа оборудования, получить контактную информацию, узнать о кредитных программах компании, рассчитать стоимость кредита. Российский офис компании работает в Новосибирске.

<http://www.buderus.ru>



Сайт компании Buderus (Германия) предоставляет посетителям подробную информацию о продукции компании. Также здесь можно заказать оборудование (через опросный лист), найти контакты филиалов и авторизованных сервисных центров (по областям), получить информацию об обучающих программах по техническому обслуживанию оборудования различного типа, подать заявку на обучение, скачать каталоги оборудования и проектную документацию. Жаротрубные паровые котлы в ассортименте компании представлены тремя сериями: Logano SHD615, Logano SHD815 и Logano SHD915. Их производительность составляет от 0,35 до 55 т/ч.

### <http://www.dkm.ru>

Официальный сетевой ресурс крупнейшего российского производителя теплотехники и энергетического оборудования ОАО «Дорогобужкотломаш». В ассортименте компании водогрейные котлы мощностью до 209 МВт, модульные и аварийные котельные, газопоршневые установки, чиллеры и др. На сайте можно получить большое количество информации о предприятии (история, достижения, инвестиционные проекты, контакты и др.), ознакомиться с его продукцией и референц-листом, сделать запрос на котел, модульную котельную или запасные части. С 2008 г. «Дорогобужкотломаш» выпускает вертикально-водотрубный паровой котел Е-1,0-09 ГМ с производительностью 1 т/ч.

### <http://energomashholding.ru/>



Компания ООО «Энергомашхолдинг» осуществляет проектирование энергетических объектов и поставку котельного оборудования и топлива для него, проведение монтажных, ремонтных и пусконаладочных работ. В ассортименте компании: паровые, пароводогрейные и водогрейные котлы, модульные котельные, тягодутьевые машины, оборудование для водоподготовки. На сайте можно получить большое количество информации об услугах и продукции предприятия, скачать прайс-лист, сделать заказ, прочитать статьи, посвященные теплотехнике. Компания предлагает двухбарабанные котлы ДКВР с производительностью по пару от 2,5 до 20 т/ч и ДЕ – от 1 до 25 т/ч, котел «Феникс»-10-14 (24) НГМ – до 10 т/ч. Все оборудование работает на газе и мазуте.

### <http://www.ferroli.ru>

Кроме технического описания продукции компании Ferroli (Италия), на ее официальном сайте можно найти: адреса и контактные данные оптовых и розничных партнеров, работающих на территории России. Раздел «сервис» содержит список-сервис центров, архив технических сообщений, информацию о семинарах и компенсации гарантийных случаев, деталировки различных агрегатов, требования к гарантийным центрам и др. В разделе «маркетинг» можно скачать рекламные буклеты, фотографии оборудования, календари и газету компании. Ferroli производит паровые котлы серий Vapoprex LVP, Vapoprex HVP и Vapoprex 3G производительностью от 0,15 до 20 т/ч.

### <http://www.generation-eo.ru/>

Промышленная группа «Генерация» объединяет ряд предприятий, занимающихся производством широкого ассортимента энергетического оборудования и разработкой комплексных решений для нефтегазодобывающей отрасли и теплоэнергетики. На сайте размещены сведения о предприятиях, входящих в состав группы, и о выпускаемой ими продукции. Также здесь можно скачать опросные листы для заказа котельных установок, электростанций и электротехнической продукции, получить информацию об объектах, реализованных компанией, узнать ее контактные данные. Компания поставляет паровые водотрубные котлы серий Е, МЗК-7А, ДКВР, ДЕ и МЕ производительностью по пару от 0,4 до 20 т/ч.

### <http://ici-moscow.ru/>

Официальный сетевой ресурс ООО «ИЧИ Инжиниринг» – ведущего дилера концерна ICI Caldaie (Италия). Компания производит и поставляет в Россию водогрейные и паровые котлы, котлы на перегретой воде и на диатермическом масле, каскадную автоматику. На сайте представлены разделы, посвященные продукции и услугам компании, горелкам Ecoflam. Также здесь можно скачать сертификаты на оборудование ICI Caldaie. Паровые котлы представлены четырьмя сериями: FX, BX, Sixen и GX производительностью по пару от 0,05 до 25 т/ч.

### <http://www.interboiler.ru/>

Сайт ООО «Интербойлер», осуществляющего полный цикл работ по созданию систем теплоснабжения жилых зданий и производственных комплексов. Компания продает котельное оборудование, осуществляет проектирование, согласование, строительство, реконструкцию и модернизацию котельных. На сайте можно получить информацию о продукции и услугах компании, о проектах, реализованных ее специалистами, узнать адреса и телефоны подразделений компании. Своим клиентам компания предлагает паровые водотрубные котлы Booster Boiler и Miura с производительностью по пару от 0,2 до 3 т/ч.

### <http://www.loos.ru/>

Российский официальный сайт компании Loos (Германия), выпускающей водогрейные и паровые котлы, а также различные компоненты для котельных: модули, модули экономайзеров и частичной деаэрации, конденсатные модули, барботеры, газовые рампы и т. д. На сайте размещено большое количество технической информации о продукции компании, контактная информация и новости. Также здесь можно скачать: проспекты с программами поставок различного оборудования, справочную информацию по различным аспектам эксплуатации паровых котлов, опросные листы и референц-листы. Loos выпускает котлы Universal U-ND/U-HD, Universal ZFR/ZFR-X, Dampffix производительностью от 0,25 до 55 т/ч.

<http://miuraural.ru>

Компания «Трионика» является официальным дилером концерна Miura Boiler (Южная Корея), выпускающего паровые и водогрейные котлы, работающие на газе и жидким топливе, и горелочные устройства. На сайте размещена техническая информация о продукции компании (в виде каталогов и таблиц), сертификаты соответствия, контактные данные и другая информация, которая может оказаться полезной для потенциальных клиентов компании. Производительность по пару водотрубных котлов Miura составляет от 0,3 до 3 т/ч. Они могут работать на газе или дизельном топливе, или быть комбинированными.

<http://www.mzko.com.ua/index.html>

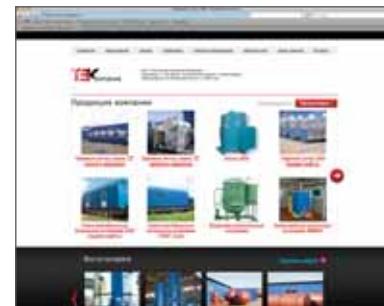


Официальный сайт предприятия «Монастырищенский завод котельного оборудования» (Украина). Завод выпускает котельное и котельно-вспомогательное оборудование, оборудование для систем водоподготовки, горелки, теплообменное оборудование. Ресурс содержит техническую информацию о продукции завода, условия ее поставки в страны СНГ, сведения об оказываемых услугах и проектах, уже реализованных предприятием, контактную информацию. Завод выпускает паровые водотрубные котлы серий Е(ДЕ) и МЗК с производительностью по пару от 0,4 до 10 т/ч, работающие на природном или сжиженном газе, каменном или буром угле, мазуте, дизельном топливе и нефти, а также запасные части для паровых котлов Е, ДЕ, ДКВР и КЕ. Информацию о деятельности компании можно также получить на сайтах: <http://energetik.com.ua> и <http://teplolider.com.ua>.

<http://www.sibenergomash.com>

ОАО «Сибэнергомаш» производит котлы большой мощности, промышленные вентиляторы и дымососы, детали трубопроводов, теплообменное оборудование и другую продукцию. На сайте подробно рассказано о продукции и услугах, которые оказывает ОАО «Сибэнергомаш». Также здесь можно узнать о проектах, которые уже были реализованы компанией, и о ее партнерах, получить контактную информацию. Предприятие производит водотрубные паровые котлы производительностью от 50 до 820 т/ч, работающие на газе, различных видах жидкого и твердого топлива.

<http://te-company.ru/>



ЗАО «Теплоэнергетическая компания» осуществляет поставки парогенерирующего, водогрейного, котельно-вспомогательного, водоподготовительного и насосного оборудования. На сайте можно ознакомиться с техническими характеристиками оборудования, узнать новости о работе компании, получить контактные данные, скачать опросный лист для изготовления транспортабельных котельных установок. В ассортименте компании представлены паровые вертикально-водотрубные котлы серий Е и МЗК производительностью от 1 до 10 т/ч, работающие на газе, жидком топливе, мазуте, угле, а также транспортабельные котельные установки на их основе.

<http://texcon.su/>

ЗАО «Текскон» является официальным российским представителем компании Garioni Naval (Италия). Компания занимается проектированием, строительством и монтажом промышленных котельных. На сайте подробно описаны услуги и оборудование, предлагаемые компанией. Также здесь можно найти информацию по проектам, реализованным ЗАО «Текскон» и информацию для потенциальных дилеров компании. Компания Garioni Naval выпускает паровые котлы GBP, GPT и NG C производительностью по пару от 0,165 до 20 т/ч. Более подробную информацию о ее продукции можно получить на официальном сайте <http://www.garioninaval.com/>, который доступен в английской и итальянской версиях.

<http://www.tt-k.ru/smain.htm>

ООО «Теплотех-Комплект» выпускает котлы, котельные и теплообменники, оказывает услуги генерального подрядчика, производит строительные, монтажные и пусконаладочные работы, осуществляет реконструкцию, капитальный ремонт и модернизацию котельных. На сайте размещена техническая информация о продукции компании (котлы, деаэраторы, фильтры, теплообменники, грязевики, шламоуловители и т. д.). Также здесь можно скачать соответствующие прайс-листы и опросные листы, узнать контакты предприятия и условия отгрузки оборудования. ООО «Теплотех-Комплект» выпускает водотрубные паровые котлы серий ДКВР и ДЕ паропроизводительностью от 1 до 25 т/ч.

Подготовил Д. Строганов.



PCVEXPO

11-я международная специализированная выставка

22 – 25 октября 2012 года  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»



В сердце Москвы, в центре успеха!

- насосы
- компрессоры
- арматура
- приводы и двигатели

подайте заявку на участие на сайте [www.pcvexpo.ru](http://www.pcvexpo.ru)

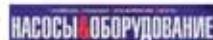
Организаторы:



В составе группы компаний ПТЕ  
Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: Medvedeva@mvk.ru



Генеральные информационные партнеры:



Информационные спонсоры:



# Блочно-модульные установки Magistral для пароконденсатных систем

Е. Михайлова, М. Меркухин

Компания *Magistral*, известная как поставщик широкого спектра запорно-регулирующей арматуры концерна *ARI-Armaturen* (Германия), производит блочно-модульные установки, предназначенные для решения технологических задач в области пароконденсатных систем, с применением высококачественных компонентов европейского производства: теплообменников *Alfa-Laval*, насосов *Grundfos*, запорно-регулирующей арматуры *ARI-Armaturen* и др.

Блочно-модульные установки *Magistral* имеют ряд преимуществ. Это комплектация самым современным оборудованием, широкий спектр используемых решений и пространственное моделирование, позволяющее предложить заказчику индивидуальное проектирование с учетом его производственных площадей. При реконструкции старых помещений блочно-модульные установки минимизируют сроки вывода из эксплуатации действующих систем. А при строительстве новых цехов можно параллельно вести строительство и изготавливать оборудование. Немаловажным преимуществом является стоимость установок: благодаря наличию собственного производства, *Magistral* предлагает клиентам продукт европейского качества по конкурентоспособной цене.

Номенклатура блочно-модульных установок *Magistral* включает:

- Редукционные станции (PRS)
- Редукционно-охладительные установки (PRCS)
- Охладительные установки (CS)
- Станции сбора и возврата конденсата с использованием паровых либо цен-

тробежных насосов с электродвигателями (CRS)

- Модули приготовления горячей воды (МПГВ)
- Коллекторы пара.

Разработка и создание блочно-модульных установок включает в себя несколько этапов:

**1. Подготовка коммерческого предложения.** Оно разрабатывается отделом технической поддержки компании *Magistral* на основе заполненного заказчиком опросного листа. Данные, указанные в нем, являются основанием для проведения расчетов, подбора оборудования, составления спецификации и схемы блочно-модульной конструкции.

**2. Создание паспорта проекта блочно-модульной установки.** В случае размещения заказа технические специалисты *Magistral* на основании договора поставки и спецификации к нему приступают к разработке паспорта проекта.

**3. Производство блочно-модульной установки.** Перед передачей рабочей документации на производство установок в г. Королев все чертежи и принципиаль-

ные схемы согласуются с заказчиком. Производство включает в себя следующие стадии:

- Составление спецификации и заказ необходимого оборудования.
- Закупка необходимого расходного материала.
- Сборка установок.
- Проведение необходимого контроля (рентгеновский контроль, УЗК) и тестирование готового изделия

(гидравлические испытания, визуально-измерительный контроль).

• Окраска грунтовкой, изоляция ответственных участков и их покрытие защитными оболочками.

- Установка шкафа управления (если необходимо) и последующее тестирование.
- Приемка готовой продукции техническими специалистами и специалистами отдела автоматизации.

**4. Доставка изделия заказчику.** По окончании производства и испытаний установка поставляется заказчику, либо клиентом осуществляется самовывоз. Некоторые элементы блочно-модульных конструкций (например, предохранительные клапаны и контрольно-измерительные приборы) могут поставляться в демонтированном виде, поскольку существует опасность их повреждения при транспортировке. Также «rossсыпью» поставляются крупногабаритные конструкции.

Вместе с установкой клиенту представляются:

- Паспорта и сертификаты на оборудование, входящее в состав изделия, а также паспорт установки в сборе.

- Инструкция по эксплуатации.
- Конструкторская документация.

Монтаж и пусконаладка блочно-модульных конструкций должны осуществляться компаниями, имеющими допуски и разрешения к подобным видам работ. После монтажа установки необходимо, в первую очередь, провести подтяжку всех фланцевых и резьбовых соединений (при перевозке возможно «ослабление» соединений). Затем необходимо провести гидравлические испытания на предмет течей в соединениях. После этого установка готова к эксплуатации.



# Горелки ГБЛ: экономия топлива на котлах серии ДКВр

Котлы серии ДКВр различных модификаций являются одними из самых распространенных промышленных отопительных котлов, огромное количество которых эксплуатируется в котельных по всей территории бывшего Советского Союза. Благодаря своим техническим характеристикам и высокой ремонтопригодности эти котлы завоевали себе заслуженную популярность среди теплоснабжающих организаций и предприятий различных отраслей промышленности.

В настоящее время подавляющее большинство котлов ДКВр, работающих на природном газе, оснащено устаревшими и малоэффективными горелками, имеющими ручной режим регулирования мощности и низкий уровень автоматизации.

Эксплуатация котлов с такими горелками экономически невыгодна – стоимость топлива увеличивается с каждым годом. Поэтому неудивительно, что вопрос технического перевооружения котлов серии ДКВр становится для их владельцев все более актуальным.

В течение 2009–2011 гг. ОАО «Завод «Старорусприбор» провело адаптацию серийно выпускаемых горелок ГБЛ для работы с данными котлами. Эти модулируемые горелки с раздельным (посредством электронного регулятора и двух сервоприводов) регулированием соотношения «газ/воздух» положительно зарекомендовали себя при реконструкции котельных – как отопительных, так и используемых для технологических целей – с котлами серии ДКВр.

Использование горелок ГБЛ позволило не только повысить качество и безопасность работы котлов, но и получить серьезную экономию топлива по сравнению со старыми горелками. В качестве примеров можно привести результаты режимной наладки на двух котельных, принадлежащих ООО «Акватория» (г. Нахабино, Московская обл.) и ЗАО «Невский углекислотный завод» (Санкт-Петербург).

Котельная ООО «Акватория» – традиционная отопительная котельная, в которой установлены три котла ДКВр-6,5-13, работающие в водогрейном режиме. В ходе реконструкции данной котельной, проводимой ОАО «Завод

«Старорусприбор» в качестве генподрядчика, будет произведена замена старых горелок ГМГ-4 на горелки ГБЛ-2,8 (двугофельное оснащение).

Результаты режимной наладки первого из реконструируемых котлов показали, что после замены горелок уменьшились потери тепла с уходящими газами на 1,5 % (что свидетельствует о высоком качестве сжигания топлива) и, соответственно, увеличился КПД котла.

Благодаря этому была достигнута экономия газа в размере  $\approx 9 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что за период отопительного сезона должно составить более 40 000  $\text{м}^3$ .

Второй объект – котельная ЗАО «Невский углекислотный завод», в которой установлены два котла ДКВр-4,0-13, работающие в паровом режиме. Данные котлы используются в технологических целях – для получения углекислого газа из уходящих дымовых газов.

В ходе технического перевооружения котлов была произведена замена старых инжекционных горелок на горелки ГБЛ-2,8 (одногорелочное оснащение). Сравнение режимных карт со старыми и новыми горелками показало, что достигнута значительная экономия топлива – более 120  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Учитывая, что данные котлы эксплуатируются практически круглый год, годовая экономия топлива составит более 950 000  $\text{м}^3$ .

Также необходимо отметить, что преимущества от применения горелок ГБЛ будут заключаться не только в экономии топлива (благодаря оптимальному составу подготовленной газо-воздушной смеси и ее качественному сжиганию), но и в повышении безопасности работы теплоагрегата (современная система автоматизации сводит к нулю т.н. «человеческий фактор» при эксплуатации оборудования).

Короткофакельная газовая горелка ГБЛ-2,8 на котле ДКВр-4,0-13



шении безопасности работы теплоагрегата (современная система автоматизации сводит к нулю т.н. «человеческий фактор» при эксплуатации оборудования).

Данные примеры ярко свидетельствуют о том, что, вопреки широко распространенному мнению, отечественные горелки не уступают большинству импортных аналогов, а по соотношению «цена/качество» являются самым привлекательным вариантом модернизации котельных.

 СТАРОРУСПРИБОР

ОАО «Завод «Старорусприбор»  
175204, Новгородская область,  
г. Старая Русса,  
ул. Минеральная, д. 24  
тел. (81652) 27274  
факс: (81652) 27275  
[gorelka@staroruspridor.ru](mailto:gorelka@staroruspridor.ru)  
[www.staroruspridor.ru](http://www.staroruspridor.ru)

## «Теплостройпроект-С»: с нами светло, тепло и надежно

*Вопросы рационального энергосбережения, энергосберегающих технологий и способов повышения эффективности теплоэнергетических установок сегодня приобретают все большую актуальность. Эффективное решение этих вопросов в оптимально сжатые сроки является приоритетом для компании «Теплостройпроект-С», входящей в Европейский холдинг RIM GROUP International.*

Компания «Теплостройпроект-С» – с почти 20-летним опытом работы на рынке энерго- и теплоснабжения. В состав компании входят проектный институт, мощный производственный комплекс, строительно-монтажное управление, лаборатория неразрушающего контроля. Специалисты компании выполняют весь спектр работ: от проектирования до сдачи объектов в промышленную эксплуатацию.

Производственная база включает в себя самое современное оборудование европейского производства. Это установка плазменного раскряя металла, позволяющая получать высокую точность и качество реза изготавливаемых деталей, четырехвалковые вальцы, листогибы, гильотина и другое оборудование лучших европейских производителей. Основываясь на многолетнем опыте в производстве оборудования теплоэнергетики наших европейских партнеров, был подобран самый оптимальный вариант организации производства, обеспечивающий максимально эффективное использование человеческих ресурсов, технических средств и производственных площадей.

Длительный период времени визитной карточкой компании являлось производство высококачественных водогрейных котлов серии RIM и RIM-MAX, изготавливаемых по итальянской технологии, работающих в режиме плавающей температуры и многоуровневой безопасности, а также производство автоматизированных блочно-модульных, транспортабельных и стационарных котельных. Котельные установки и широкий модельный ряд котлов позволяют обеспечить эффективное горячее



тепло- и водоснабжение как отдельному коттеджу, так и целому району. Производимое оборудование с большим успехом применяется на промышленных предприятиях и объектах ЖКХ. За годы работы компанияочно укоренилась в статусе высокотехнологичного предприятия и занимает лидирующие позиции по Южному и Северо-Кавказскому Федеральному округам.

2007 год для компании «Теплостройпроект-С» во многом стал переломным. Глубокий анализ российского и европейского рынка энергосберегающих технологий, накопленный опыт и огромный потенциал предприятия явились мощным стимулом для принятия решения в пользу изменения приоритетов компании, в своей производственной деятельности использовать более эффективные технологии, отвечающие вызовам дина-

мично развивающегося рынка энергосбережения.

Специалисты компании убедились, что в период развития и становления рыночной экономики вопросы рационального энергоснабжения, экономичного энергопотребления приобретают всё большую актуальность. В условиях постоянного роста дефицита и тарифов на электроэнергию независимое производство электричества и доступной, дешевой энергии при помощи мощных и современных когенерационных электростанций – единственно верное, экономически оправданное решение для промышленных предприятий различных отраслей, объектов малого и среднего бизнеса, организаций ЖКХ.

Когенерационные установки компании «Теплостройпроект-С» создаются на базе популярных во всем мире газопорш-

невых электроагрегатов MWM, Wartsila, Caterpillar и микротурбин Capstone, зарекомендовавших себя как оборудование, обладающее стабильными рабочими параметрами, практическое и надежное в эксплуатации на различных видах топлива. В дополнение к этому специалисты компании выполняют пусконаладочные работы, обучают персонал заказчика правилам эксплуатации установок, поставляют расходные материалы и запасные части. Многолетний опыт, высококвалифицированный персонал, современные технологии производства и управления позволяют «Теплостройпроект-С» производить качественное оборудование высокой надежности, которое прослужит долгие годы.

Одним из последних за минувший год крупнейших объектов, который сдан фирмой «Теплостройпроект-С» в промышленную эксплуатацию, стала ТЭЦ «Северная», расположенная в Трусовском районе г. Астрахани: 8 МВт электрической и 60 МВт тепловой мощности. Коэффициент использования топлива на данном объекте составил 98,8 % за счет применения метода глубокой утилизации дымовых газов через экономайзер собственного производства.

Инженерно-технический персонал совместно с проектно-конструкторским бюро компании постоянно занимается диверсификацией производства: кроме



стальных экономайзеров RIM ECO, сконструированы и используются в производстве стальные калориферы RIM KS, резервуары (вертикального и горизонтального исполнения) объемом до 700 м<sup>3</sup>, дымовые трубы и коллекторы.

Кроме этого, компания ООО «Теплостройпроект-С» занимается производством стеновых и кровельных сэндвич-панелей – строительного мате-

риала, широко используемого для возведения зданий различного назначения. Их главным преимуществом является невысокая цена, возможность быстрого и дешевого монтажа, высокие теплоизоляционные и пожаробезопасные свойства.

Заказчиками компании «Теплостройпроект-С» являются предприятия машиностроения, строительной индустрии, жилищно-коммунальной сферы, государственные учреждения и ведомства.

Интеллект и инновации в каждом продукте – от маркетинга, разработки технологий и дизайна до организации поставок и сервиса – приоритеты ООО Фирма «Теплостройпроект-С».

РФ, Чеченская Республика,  
Ачхой-Мартановский р-н,  
с. Валерик, ул. Гайрекова, 1  
Тел./факс: +7 (8714) 22-70-79, 22-70-81,  
22-30-73, 22-22-31 отдел снабжения  
e-mail: zavod@tsp-s.ru  
abmk-1000@yandex.ru

РФ, г. Краснодар, ул. Красных партизан, 106  
Тел./факс +7(8612) 21-10-17, 21-34-79,  
21-26-43  
e-mail: krasnodar@tsp-s.ru

РФ, г. Астрахань, ул. Рыбинская, 17  
Тел. /факс +7 (8512) 48-19-01, 48-15-15,  
48-18-18, 48-19-00,  
e-mail: admin@tsp-s.ru



# Такие разные дымоходы

Наряду с преимуществами энергоэффективных котельных, такими как экономия топлива, утилизация тепла отходящих газов, сокращение количества вредных выбросов, возникают проблемы, связанные с дымоотведением. Высокий КПД современных котлов оборачивается ухудшением тяги в дымовом канале и образованием низкотемпературного конденсата, который, соединяясь с продуктами сгорания, превращается в азотную кислоту.

Из-за действия конденсата многие традиционные материалы оказались уязвимыми и малопригодными при строительстве современных дымоходных систем. В частности, это относится к кирпичу, который очень быстро разрушается при образовании конденсата, и к дымовым трубам из обычной (черной), стали, чей срок службы снижается до двух-трех лет. Асбосцементные трубы служат несколько дольше – 4–5 лет, но сфера их применения значительно ограничена: при эксплуатации с теплогенераторами, имеющими высокую температуру отводящихся газов (печи, камины), асбосцементные дымоходы просто разрушаются, а иногда и взрываются. Керамические дымоходы – дороги сами по себе и требуют трудоемких и дорогих монтажных работ. Стеклянные дымоходы также дороги, и сфера их применения ограничена узким интервалом температур (используются только с конденсационными котлами).

Единственный вид дымоходов, который может эксплуатироваться с любыми типами теплогенераторов в широком диапазоне температур, – модульные дымо-

ходы из нержавеющей стали. Их универсальные свойства дополняются такими преимуществами как:

- легкий и быстрый монтаж в заданной конфигурации;
- удобство обслуживания;
- независимость от конструктивных элементов зданий и возможность полной или частичной замены без крупных финансовых затрат;
- возможность эксплуатироваться в режимах разряжения и избыточного давления;
- низкое аэродинамическое сопротивление и быстрое преодоление порога конденсатообразования;
- газо- и паронепроницаемость;
- пожаробезопасность и долгий срок службы.

Дымоходы Rosinox® из нержавеющей стали представлены на рынке линейкой из трех серий. Это двухслойные модули ТЕРМО с теплоизолирующим слоем из базальтового волокна высокой плотности (диаметр внутренней трубы 130–700 мм), неутепленные модули МОНО (диаметр внутренней трубы 130–800 мм) и КОЛЛЕКТИВНЫЕ (диаметром 250–400 мм)

для систем поквартирного отопления. Модули серии КОЛЛЕКТИВНЫЕ характеризуются особой конструкцией соединительных тройников.

Элементы системы Rosinox® МОНО и внутренние элементы Rosinox® ТЕРМО, вступающие в контакт с дымовыми газами, в стандартном исполнении изготавливаются из нержавеющей кислотостойкой стали. По заказу, для работы с высокотемпературными теплогенераторами, могут изготавливаться из нержавеющей жаропрочной стали.

Внешние элементы системы Rosinox® ТЕРМО, не вступающие в контакт с дымовыми газами, трубные хомуты диаметром 130–150 мм, опорные консоли, огнезащитные пластины изготавливаются из нержавеющей пищевой стали.

Гарантийный срок службы дымоходов Rosinox® составляет 10 лет.

г. Москва, ул. Марксистская, д. 20,  
стр 1, 3 этаж  
+7 (495) 363-3854  
[info@vivatex.ru](mailto:info@vivatex.ru)

Рекламный материал сертифицирован



**ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ  
БЫСТРОГО МОНТАЖА КОТЕЛЬНЫХ**

**LOVATO**

коллекторы  
насосные группы  
гидравлические стрелки

цены снижены



# Электронное управление горелок F.B.R.

Система электронного регулирования горелочных устройств компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. обеспечивает высокую эффективность горения и открывает новые возможности.

В результате глубоких исследований, для достижения наиболее эффективной работы своих горелочных устройств компанией F.B.R. Bruciatori S.r.l. в сотрудничестве с компанией LAMTEC GmbH & Co. KG был внедрен электронный контроллер ETAMATIC OEM/ETAMATIC S OEM. В названии этого устройства его разработчики использовали условную приставку ETA (ETA – буква греческого алфавита η), которая используется в инженерии в качестве символа эффективности.

Контроллеры ETAMATIC OEM/ETAMATIC S OEM имеют компактные размеры, устанавливаются в блоке управления горелок F.B.R. и характеризуются высокой надежностью, позволяют полностью контролировать и управлять процессом горения. Их использование значительно сокращает сроки монтажа и ввода в эксплуатацию горелочного оборудования за счет отсутствия необходимости в установке дополнительного оборудования контроля и управления.

Для управления процессом горения могут быть заданы параметры одновременно для четырех устройств регулирования.

ETAMATIC OEM имеет четыре выхода импульсного регулирования положения, ETAMATIC S OEM – три выхода импульсного регулирования положения и один токовый выход 4–20 мА.

Примеры исполнительных органов:

- заслонка дутьевого воздуха;
- дутьевой вентилятор (только ETAMATIC S OEM);
- топливный клапан;
- рециркуляционная заслонка.

Для каждого из этих выходов может быть задано до 20 значений параметров (стандарт – 11). Показание осуществляется в относительных единицах от 0 до 999.

ETAMATIC OEM имеет разъем Sub-D с последовательным интерфейсом для дистанционного управления и индикации через ПК (программное обеспечение под Windows).

В качестве опции возможно подключение Interbus-S, Profibus-DP, CANopen, TCP/IP (Modbus TCP) и Modbus. Связь с другими компонентами установки, например, регулятором О<sub>2</sub>, осуществляется через интерфейс шины LAMTEC SYSTEM BUS.

ETAMATIC с контролем СО позволяет использовать газовые горелки максимально эффективно.

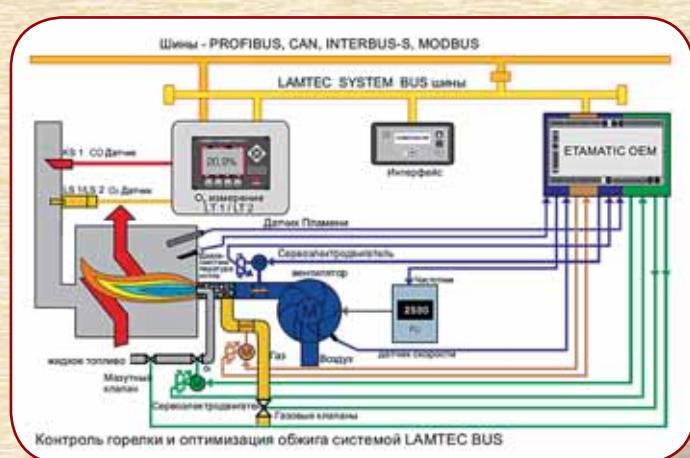
Управление осуществляется с ПК с программным обеспечением (опция) или с программирующего устройства. Для индикации данных конечный пользователь может подключить пользовательский интерфейс.

Использование контроллера позволяет обеспечить управление системами безопасности и избежать установки дополнительных систем обеспечения безопасности.

Благодаря единому устройству контроля и управления ETAMATIC значительно сокращается количество ошибок и время поиска и устранения неисправностей.

Оперативная информация об ошибках отображается в текстовом виде на интерфейсе. Также система может распознавать и отдельно учитывать время работы горелки на газе и жидким топливом.

Компания F.B.R. Bruciatori S.r.l. предлагает выбор вариантов комплектации ETAMATIC, что дает широкие возмож-



ности для использования горелочных устройств в различных областях производственной деятельности.

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» осуществляет реализацию, монтаж и ввод в эксплуатацию горелок фирмы F.B.R. под управлением контроллера ETAMATIC OEM/ETAMATIC S OEM (один из последних заказов: горелки GAS P 450/M и GAS P 550/M для ООО «ИнвестОйл»).

Вся продукция, представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», как авторизованным сервисно-дилерским центром и официальным партнером компании F.B.R. Bruciatori S.r.l., сертифицирована согласно нормативам, действующим на территории Российской Федерации. Запасные части и материалы для гарантийного и сервисного обслуживания имеются в наличии на складе компании в Москве.

Ознакомиться с полным ассортиментом продукции компании F.B.R. Bruciatori S.r.l., получить необходимую техническую информацию и сведения о предоставляемых услугах можно на сайте компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su).

# Funke – мировой бренд теплообменного оборудования

ООО «Функе Рус», официальный представитель Funke GmbH (Германия) – один из крупнейших российских поставщиков теплообменного оборудования, с центральным офисом в Москве и широкой дистрибуторской сетью во многих регионах России и в СНГ.

**К**омпания Funke предлагает российскому потребителю теплообменное оборудование традиционно высокого немецкого качества по вполне умеренным ценам. Данный факт уже позволил осуществить множество проектов в рамках федеральной и региональных программ реконструкции и развития сферы ЖКХ, а также при реализации целевых мероприятий по энергосбережению.

Накопленный опыт, положительные отзывы потребителей, развитая дистрибуторская сеть и высокий уровень сервиса в регионах – результат 18-летней кропотливой работы компании на российском рынке теплообменного оборудования.

Фирмой Funke изготавливаются практически все известные типы и виды теплообменников, но акцентируется внимание на тех, которые нашли своего потребителя в сфере ЖКХ – это разборные пластинчатые теплообменники типа FP (более 40 типоразмеров) и медно-паяные аппараты серий GPL и GPLK (идеальное решение для тепловых установок малой и средней мощности).

В крупных промышленных центрах РФ и СНГ уже существует 14 аттестованных сборочных производств, которые под контролем Funke производят сборку и сервисное обслуживание пластинчатых теплообменников типа FP, используя при этом только оригинальные немецкие пластины и уплотнения. Применение части комплектующих российского производства (в основном, металлоемких частей и элементов рамы) позволило существенно снизить стоимость готового изделия и сроки изготовления оборудования. Таким образом, немецкое качество Funke стало

максимально доступно конечно- му потребителю.

Прогресс экономики и техники, повышение требований к надежности оборудования постоянно формируют вектор развития компании. Сегодня ООО «Функе Рус» предлагает заказчику решение комплексных инженерных задач теплообмена, поставляя только качественную и доступную по цене продукцию.

При сборке теплообменных аппаратов на территории России строго контролируется их соответствие оригинальным чертежам, предоставленным компанией Funke GmbH. Особенно тщательно контролируются параметры основной и прижимной плит (равномерная толщина, правильные геометрические показатели). Это позволяет нам говорить о гарантированно безопасной эксплуатации изделий, работающих при высоких давлениях и температурах.

Не секрет, что некоторые производители рассчитывают прочностные характеристики корпусов теплообменников «впритык», дабы снизить металлоемкость готовой продукции (что существенно влияет на ценовые показатели).

Такой подход категорически непримлем, всегда лучше иметь разумный запас прочности! Приоритетом Funke,

прежде всего, является безопасность людей, которые работают с нашим оборудованием. В конечном итоге, безопасная эксплуатация теплообменников выливается в гарантированное, бесперебойное обеспечение конечных потребителей тепловой энергией.

**Сотрудничество с Funke – это путь к развитию Вашего бизнеса!**



ООО «Функе Рус»  
Юр. адрес: 125212, Москва,  
Кронштадтский б-р, 7а  
Факт. адрес: 129626, Москва,  
Проспект Мира, 106  
Тел./факс: (499) 706-80-71  
E-mail: funkepost@funke-rus.ru  
www.funke-rus.ru

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

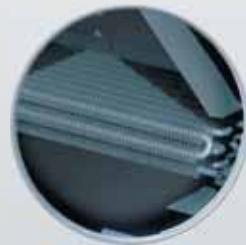
Монтаж котельных от 1 до 100 МВт

«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





### Двухходовые паровые котлы высокого давления

BAHR'12/15  
BAHR'12/15 HP  
BAHR'12/15 HPEC

14 моделей

Паропроизводительностью от 300 до 5 000 кг/ч  
КПД от 90,0 до 98,0 %

### Трехходовые паровые котлы высокого давления

TRYPASS'12/15 STD  
TRYPASS'12/15 Low NOx  
TRYPASS'12/15 Low NOx E

27 моделей

Паропроизводительностью от 2 000 до 21 600 кг/ч  
КПД от 89,0 до 94,0 %

### Двухходовые паровые котлы низкого давления

BAHR'UNO  
BAHR'UNO HP  
BAHR'UNO HPEC

15 моделей

Паропроизводительностью от 140 до 3 000 кг/ч  
КПД от 90,0 до 96,0 %

### Атмосферные деаэраторы

DEAR  
10 моделей  
Производительностью от 500 до 10 000 кг/ч



VALV.SIC.MOLLA 139-CR-H4 1/2"GM-1/2"GF

MANOMETRO D.100 1/2"SC.O-16

TERMOMETRO ø80MM ATTACCO POSTER.1/2"G.

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

ЭнергоГаз  
Инжиниринг