

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



## Котельные

Применение мазута  
на ТЭС  
и в котельных  
10

## Обзор рынка

Чугунные котлы  
средней и высокой  
мощности  
32

## Водоподготовка

Баромембранные  
методы обработки  
воды  
42

# Энергоэффективность всей линейки продукции.



## Примеры нашей Комплексной программы

Газовые и жидкотопливные котлы мощностью от 4,5 до 20000 кВт

Тепловые насосы

Когенерационные установки

Солнечные коллекторы

Реклама



## Эффективность Плюс

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

**VIESSMANN**  
climate of innovation





## Содержание

**2** Новости

**6** Чугунные секционные котлы в котельных средней мощности

**10** Проблемы приема и хранения мазута на ТЭС и в промышленных котельных

**14** Нужно ли добавлять воду в мазут?

**18** Угольные котельные: специфика российских топок

**20** Энергосбережение на базе паровой винтовой машины

**23** Годовой прирост – 115 миллионов кВт.ч

**24** Caterpillar: мини-ТЭЦ на сырой нефти

**26** Новая электростанция на метане угольных шахт

**27** Siemens и «Силмаш» создают СП по производству газовых турбин

**28** Энергоустановки на топливных элементах в системе распределенной энергетики

**32** Чугунные котлы средней и высокой мощности

**36** Обзор «нехимических» методов обработки воды

**42** Баромембранные методы обработки воды



**46** Новое производство мембранных элементов в Германии

**47** Чистая вода для производства жиров

**48** Озонирование охлаждающей воды

**52** Предварительная обработка котловой воды

**53** Обработка сетевой воды на «ГТ-ТЭЦ Энерго»

**54** Производители чугунных котлов в Интернете

**56** Паровые котлы Unical – оптимальный выбор

**58** Горелки F.B.R. – виртуозы горения

**60** Такие разные дымоходы

**61** Уникальные возможности горелок RAY

**62** Достояния внимания!

В стране, являющей ведущим мировым экспортером нефти, всегда будут в центре внимания вопросы использования мазута и сырой нефти в качестве топлива на ТЭЦ и котельных. Несмотря на борьбу за экологию, к которой так настойчиво привлекает Россию мировое сообщество, сжигание нефти и мазута ещё долго будет практиковаться в регионах, где эти виды топлива являются самыми дешёвыми и доступными в организации доставки, поскольку они позволяют сократить тарифы за тепло и электричество населению и предприятиям.

В настоящее время сегмент жидкотопливных тепло- и электрогенераторов обогащается оборудованием и технологиями, позволяющими сократить количество вредных выбросов без потерь в энергоэффективности. Предлагается новое оборудование, новые технологии повышения производительности при использовании старых мощностей. Этим темам посвящены центральные материалы разделов «Котельные», «Электростанции и когенерация», «Производители и оборудование».

В последние годы заметно возросло применение мембранных методов водоподготовки в энергетике, что вызвано как технологическими, так и экономическими преимуществами. Например, использование обратного осмоса при подготовке воды для паровых котлов позволяет на 90 % сократить количество дорогостоящих реагентов и избавиться от проблем утилизации воды с высоким содержанием химии. Мембранным технологиям обработки воды уделено основное внимание в разделе «Водоподготовка».

*Алексей Прудников*

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

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

и надзора за подъемными сооружениями  
Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору  
Научный консультант  
Я.Е. Резник

Учредитель журнала  
ООО «Издательский Центр «Аква-Терм»

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

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

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

**Фото на 1-й стр. обложки:**  
Unical, [www.energogas.ru](http://www.energogas.ru)



## Новые установки Grundfos

В конце 2011 г. компания Grundfos (Дания) вывела на российский рынок новую модификацию станций повышения давления Hydro Multi-S, которые комплектуются горизонтальными многоступенчатыми насосами серии CM. Такое решение позволило снизить стоимость новинки по сравнению со стандартными Hydro Multi-S на базе насосов CR.

Кроме двух (или трех) идентичных насосов CM, соединенных параллельно и смонтированных на общей несущей раме, установки Hydro Multi-S комплектуются шкафом управления с защищающим электродвигатель прерывателем цепи и встроенным контроллером, а также всей необходимой арматурой. Управление системой осуществляется автоматически, исходя из ее потребностей, с применением реле давления (по одному на каждый насос). Максимальный расход установки варьируется в пределах 12,6–43,5 м³/ч, рабочая температура – в пределах 5–40 °С. Максимальное рабочее давление составляет 10 бар.

## Пленка для пеллет

В Германии разработана защитная пленка из растительных масел, улучшающая качество пеллет по основным параметрам европейских нормативов DINplus, ONorm-Pellets и EU-norm. С ее помощью удалось снизить истираемость гранул, влажность и зольность. Благодаря низкой истираемости (и соответственно, малому содержанию пыли) улучшается работа пеллетной горелки, а также снижается пожароопасность во время перевозки и хранения гранул. Низкая влажность влияет на эффективность сгорания гранул, а малое количество золы при сгорании пеллет уменьшает затраты на обслуживание котлоагрегата. Значительный эффект получается уже при применении незначительного количества раствора (1 мл на 1 кг гранул). Пленочное покрытие образует слой 0,0015 мм, что в 30 раз меньше используемой в промышленности алюминиевой фольги. Сгорает пленка без остатка, что также повышает теплота сгорания гранул.

Компания-производитель пеллет German Pellets (Германия) уже проявила интерес к данной разработке: имеются планы по выпуску продуктов, покрытых этой пленкой, под брендом FireStixx Pellets. Сперва данный вид топлива появится на рынках Германии, Австрии и Италии, а затем должен распространиться по всей Европе.

## Краны с Урала

Компания «ЧелябинскСпецМонтажСтрой» выпустила на рынок шаровые регулирующие краны LD. Корпус изделий выполнен из углеродистой стали (Ст20), уплотнение штока – из фторсиликанового эластомера, уплотнение шара – из фторопласта Ф4К20 с дублирующим уплотнением из фторсиликанового эластомера. Краны изготавливаются номинальным диаметром 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250 и 300 мм с номинальным давлением 40 бар (для диаметров 15–50 мм), 25 бар (65–250 мм) и 16 бар (диаметр 300 мм). В комплекте: стальная ручка с полимерным наконечником – для диаметров кранов 15–250 мм или механический редуктор с червячной передачей – для диаметров 150–300 мм.



## В Кургане запущен новый завод спецарматуры

В 2011 г. на зауральском предприятии ЗАО «Курганспецарматура» открылось производство специальной трубопроводной арматуры высоких параметров для широкого круга отраслей. Производственная линейка включает обратные затворы, запорные клапаны, клиновые задвижки с выдвижным шпинделем и другие изделия, использующие последние достижения в области конструкций, материалов, технологий и способов управления. Арматура выпускается из углеродистых, легированных и нержавеющей сталей по российским и международным стандартам, предназначена для АЭС и тепловой энергетики, химических производств и криогенных сред, предприятий нефтеоргсинтеза (полиэтилен высокого давления), нефтедобычи и нефтепереработки.

Задвижки и клапаны «Курганспецарматуры» способны выдерживать давление от 16 до 250 бар, температурные нагрузки рабочих сред от 425 до 560 °С при t окружающей среды до –60 °С. Присоединение к трубопроводу предполагается фланцевое, муфтовое, под приварку, средний срок эксплуатации – 20 лет. Готовая продукция завода ожидается уже в первом квартале 2012 г.







## Проектирование Монтаж Пусконаладка Сервисное обслуживание



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



Реклама



140054, Московская область, Люберецкий район, г. Котельники, Новорязанское шоссе, д.6  
Тел.: 8 (495) 543-96-15, Факс: 8 (495) 543-96-15  
e-mail: [prd@impulsgroup.ru](mailto:prd@impulsgroup.ru)  
[www.impulstechno.ru](http://www.impulstechno.ru)



## Насосные установки в сборке

Талнахский механический завод представляет новинку – дозировочные установки на базе электронасосных плунжерных и герметичных мембранных агрегатов. Как отдельная рыночная позиция на единой раме увязаны насосы ТМЗ в комплекте с технологической емкостью для реагента и аппаратным шкафом, включающим силовое, защитное и коммутационное оборудование, блок управления и блок обработки информации. Также в комплектацию входит трубопроводная и запорная арматура, фильтр на всасывающем трубопроводе, гаситель пульсаций на нагнетательном, предохранительный и обратный клапаны и все необходимые контрольно-измерительные приборы. Впервые в таком виде насосная дозировочная станция была спроектирована для заказчика в 2010 г. После выполнения заказа было решено поставлять ее в такой сборке и в дальнейшем, как отдельную позицию в номенклатуре продукции. Нарботка на отказ изделия составляет не менее 3350 ч, средний ресурс до капитального ремонта заявлен в 20 000 ч, назначенный срок службы – 10 лет.



## Затворы Bray

В конце 2011 г. фирма Bray Armaturen (Германия-США) представила в России дисковые поворотные затворы серий 30/31 и 3А/3АН. У серии 30/31 присоединение предполагается бесфланцевое стяжное (между фланцами трубопровода), у затворов 3А/3АН – фланец. Диск выполнен из высокопрочного чугуна ASTM A536 с футеровкой Nylon 11, нержавеющей стали ASTM A351 CF8M и алюминиево-бронзового сплава ASTM B 148&954. Эластичное седло в зависимости от нагрузок выполнено из таких каучуков как EPDM (от –40 до +204 °С), NBR (от –18 до +100 °С), FKM Viton (от –18 до +204 °С). Диаметр условного прохода затворов серий 30/31 составляет от 50 до 500 мм, давление 16 бар (для диаметров 50–300 мм) и 10 бар (для диаметров 350–500 мм). У дисковых затворов серии 3А/3АН для тех же величин диаметров – 17,2 и 12,1 бар, соответственно. Максимальная скорость потока среды для жидкостей составляет 9 м/с, для газов – 54 м/с.

На 2012 г. Bray Armaturen анонсирует выпуск высокопроизводительных дисковых затворов из титановых сплавов серии 40/45 с диаметрами от 65 до 1500 мм и номинальным давлением 10/16/25/40/63 бар. Также будут выпущены затворы в пожаробезопасном исполнении Firesafe API 607 и криогенном Cryogenic BS 6364.

## Динамическое уплотнение Sulzer

Для насосов APP/APT, NPP/NPT и WPP/WPT серии Ahlstar компания Sulzer Pumps разработала динамическое уплотнение, позволяющее увеличить промежуток времени между плановыми остановками и одновременно исключает необходимость использования дорогих механических уплотнений, одновременно снижая затраты на обслуживание. Традиционная сальниковая набивка, так же как и механическое уплотнение, в процессе работы изнашивается в связи с механическим трением, что приводит к протечкам. Уплотнения такого типа требуют постоянного подвода уплотнительной жидкости для смазки и охлаждения, а значит, и частого обслуживания. С внедрением динамического уплотнения для насосов серии Ahlstar от таких недостатков удалось избавиться.

В процессе работы насоса экспеллер создает центробежные силы, благодаря которым в уплотнительной камере экспеллера формируется кольцо жидкости, служащее уплотнителем вала и предотвращающее протечки. Экспеллер свободно вращается в камере, механическое трение отсутствует, а следовательно, нет и износа. При остановке насоса жидкость заполняет зону уплотнения и прижимает гибкий диск к втулке, предотвращая тем самым утечку. Когда насос снова запускают, экспеллер создает кольцо жидкости в уплотнительной камере и удаляет жидкость из уплотнительной полости. В процессе работы гибкий диск не прижат к втулке. Существующие насосы APP/APT, NPP/NPT и WPP/WPT серии Ahlstar, изначально оснащенные механическим уплотнением или сальниковой набивкой, без труда могут быть переукомплектованы динамическим уплотнением.





## Газовые турбины GE для Сахалина

Для нужд Сахалинской энергетической компании концерн General Electric поставит три газовые турбины на базе авиационного двигателя GE LM6000 Sprint мощностью 46 МВт, способные удовлетворить растущие потребности г. Южно-Сахалинска в электрической и тепловой энергии. Установки GE, поставка которых запланирована на март 2012 г., обеспечат поддержку нового 4-ого энергоблока на ТЭЦ-1. Запуск в коммерческую эксплуатацию ожидается в I квартале 2013 г. Помимо решения региональных проблем, связанных с нехваткой энергии, проект также будет способствовать реализации правительственной инициативы по модернизации энергетической инфраструктуры страны. Газотурбины GE обладают высокой надежностью (более 99 %) и показателями доступности (97 %), отличаются высокой эксплуатационной гибкостью. На LM6000 используется проверенная технология сжигания с сухим подавлением образования оксидов азота (dry low), которая гарантирует, что концентрация оксидов азота в выхлопных газах не будет превышать 50 мг/м<sup>3</sup>.



## Водоочистка от «Гидрогаза»

Для подпитки паровых котлов Губкинской ТЭЦ Белгородского филиала ОАО «Квадра» («Белгородская региональная генерация») введен в эксплуатацию комплекс химводоочистки на базе установок обратного осмоса КОВ20Б от компании «Гидрогаз». С его помощью снизятся энергозатраты (0,5 мм накипи в паровых котлах увеличивает расход топлива на 5 %), увеличится межремонтный период основного оборудования за счет снижения содержания в воде вносимых ионов, а также сократятся затраты на эксплуатационные материалы (реагенты, кислотостойкую арматуру, трубопроводы).



**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  
www.laintech.ru  
www.energypoint.ru





Напольные котлы с чугунными теплообменными секциями являются оптимальным решением при создании котельной средней мощности (с выработкой от 100 до 500 кВт тепла). Путем набора нужного количества секций, а также каскадной установки котлов можно достичь точного соответствия тепловым требованиям заказчика.

## Чугунные секционные котлы в котельных средней мощности

А. Прудников

**В**ниже теплогенераторов средней мощности конкурентом чугунных секционных котлов являются энергоблоки со стальными теплообменниками, которые более устойчивы к резким перепадам температур, отличаются меньшим весом и более низкой стоимостью. При этом они имеют большой недостаток – слабость к коррозии, причиной которой становится низкотемпературный конденсат (раствор угольной и серной кислот), выпадающий на стенках котла при температуре ниже «точки росы». Для котлов на солярке эта температура составляет 47, для газовых – 54–55 °С. По этой причине котлы со стальными теплообменниками

оказываются менее долговечными, чем агрегаты с чугунными теплообменниками. У последних высокая коррозионная стойкость со стороны топki обусловлена физическими свойствами чугуна: будучи многокомпонентным сплавом железа и углерода, чугун в процессе эксплуатации покрывается «сухой» ржавчиной, которая останавливает дальнейшую коррозию. Эта его особенность придает секциям теплообменника устойчивость к воздействию пламени горелки и агрессивного конденсата, образующегося при запусках котельной установки. Скорость коррозии чугуна в воде и кислотах в 1,5–2 раза меньше, чем у стали. Например, еже-







нии в неостывший теплообменник холодной воды во время подпитки, образуются микротрещины, способные привести к разрыву теплообменника. Разгерметизация также может произойти из-за значительной разницы температур между подающей и обратной линиями. Чтобы поддерживать необходимую температуру воды на входе чугунного котла, при монтаже агрегата предусматривают байпас между подающей и обратными магистралями, оснащенный трех или четырехходовым смесителем или насосом. Некоторые производители поставляют котлы с уже встроенной в котел системой предварительного смешивания

дневная коррозия чугуна в 10 % растворе серной кислоты составляет 702, в дистиллированной воде – 5,51 мг/м<sup>2</sup> (у стали эти показатели равны 1474 и 6,15 мг/м<sup>2</sup>, соответственно). Все это позволяет чугунным котлам работать в низкотемпературных режимах, где  $t$  обратной линии ниже 55 °С и образование конденсата неизбежно. Стоит заметить также, что чугунные теплообменники гораздо меньше, чем стальные, подвержены действию блуждающих токов, усиливающих коррозию.

### Специфика чугуна

Для изготовления теплообменников обычно используют серый чугун, получивший такое название по цвету излома. Дело в том, что в расплавленном чугуне углерод находится в растворенном состоянии и равномерно распределяется по всей массе расплава, а затем при медленном охлаждении расплавленного чугуна часть углерода выделяется в виде пластинок графита, что придает излому серый цвет. Замечено: чем крупнее включения графита, тем ниже прочность чугуна. Содержание углерода в сером чугуне, используемом для изготовления теплообменников, обычно составляет 3,2–3,5 %.

Наличие графита делает чугун довольно хрупким при сильных механических нагрузках и термических ударах. Так, при резких перепадах температур (от  $\Delta t = 20$  °С), например, при попада-

«обратки» с нагретым теплоносителем (например, система Thermostream в котлах Buderus или система JetFlow в котлах Viessmann, где на входе в котельный блок трубка-инжектор равномерно распределяет поток холодной воды между секциями, обеспечивая смешивание с нагретой).

Вместе с тем, наличие графитовых вкраплений в чугуне имеет и положительные стороны. Благодаря микроструктуре, заполненной графитом, чугун хорошо гасит вибрации и имеет повышенную циклическую вязкость (трещиностойкость при циклических нагрузках). Детали, отлитые из чугуна, нечувствительны к внешним концентраторам напряжений, таким как выточки, отверстия, переходы в сечениях, поэтому форма теплообменника может быть более рельефной для увеличения поверхности теплообмена.

Как правило, ведущие производители чугунных теплообменников используют свои собственные технологии и рецептуры литья. В зависимости от ноу-хау завода-изготовителя, в чугун могут входить кремний (1,9–2,5 %), сера (< 0,12 %), фосфор (0,1–0,3 %), марганец (0,5–0,8 %) и другие вещества, которые оказывают

различное влияние на качество чугуна. Кремний способствует выделению углерода в виде графита (графитизации), улучшает литейные свойства чугуна и понижает его твердость. Марганец препятствует графитизации и тем самым увеличивает прочность чугуна, способствует отбелу (образованию цементита). Фосфор увеличивает текучесть расплавленного чугуна и повышает его хрупкость. Для высокопрочных отливок, подвергающихся ударам, содержание фосфора должно быть не выше 0,15 %. Сера тормозит выделение графита, увеличивает усадку и хрупкость чугуна, а также уменьшает стойкость чугуна к коррозии. Производители чугунных изделий, в зависимости от сырья, технологических ноу-хау и финансовых возможностей, предлагают свои уникальные консистенции сплава, оптимальным образом сочетающие однородность структуры, пластичность, а также высокую сопротивляемость коррозии и перепадам температур.

Одним из самых распространенных серых чугунов является GG20 (его российский аналог — СЧ-20 по ГОСТ 1412–85). Изготовленные из него теплообменники способны прослужить 30–50 лет. Отличительной особенностью дан-



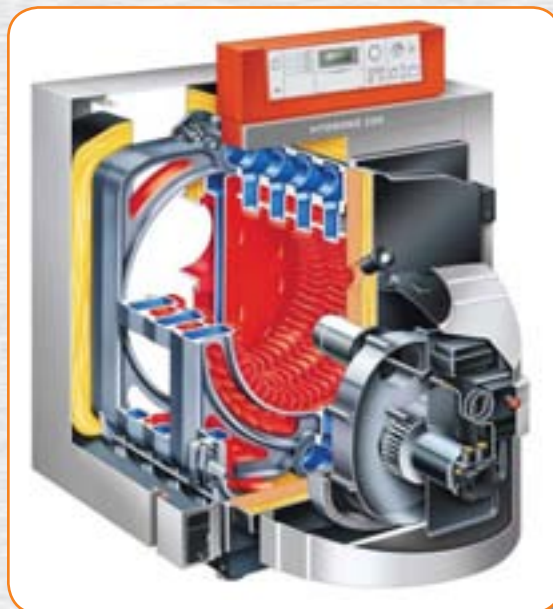


ного чугуна является его способность к эвтектике (от греческого *e-utektos* – легко плавящийся). То есть при определенном содержании углерода в сплаве  $t$  плавления чугуна снижается и становится меньше, чем  $t$  плавления железа и углерода по отдельности (для справки:  $t$  плавления чугуна составляет примерно 1200 °С, железа — 1539 °С, углерода — 3500 °С). В металлургии, в зависимости от содержания углерода, различают чугун доэвтектический (с содержанием углерода от 2,14 до 4,3 %), эвтектический (4,3 %) или заэвтектический (от 4,3 до 6,67 %). Отличие до- и заэвтектических сплавов от чистого эвтектического состоит в том, что к началу кристаллизации, кроме эвтектической жидкости, имеются еще и первичные кристаллы. При том что любой серый чугун по определению является эвтектической системой, те сплавы, которые используются для производства теплообменников, было бы правильнее называть «доэвтектическими», поскольку они содержат от 3,2 до 3,5 % углерода. Тем не менее, на рынке котельного оборудования распространено обозначение «эвтектический чугун» для данных консистенций. Стоит указать на неточность и в другом устоявшемся клише отопительного рынка – «высокопрочный чугун». В черной металлургии так называют отдельный вид чугуна с графитовыми включениями шарообразной формы (в то время как у серого чугуна они пластинчатые). В про-

изводстве теплообменников для отопительных котлов данный сплав не используется.

## Секции чугунных теплообменников

Чугун относится к материалам, обладающим плохой технологической свариваемостью: сварочный нагрев и последующее охлаждение настолько изменяют его структуру в зоне расплавления и околосшовной зоне, что получить соединения без дефектов и с требуемой герметичностью практически невозможно. Вместе с тем, серый чугун характеризуется высокими литейными свойствами (низкая температура кристаллизации, текучесть в жидком состоянии, малая усадка). Поэтому при изготовлении теплообменников сварные конструкции практически не используют. Для бытовых серий у некоторых компаний используются цельнолитые теплообменники (до 50 кВт), но для котлов средней мощности применяется традиционный метод – отливка отдельных чугунных кольцеобразных секций, которые потом стягиваются болтами или нанизываются на стержень. Собранные вместе, секции образуют камеру сгорания и несколько каналов для дымовых газов (в основном, три, реже – два или четыре). В крупных паровых котлах такого типа пар из каждой секции поступает в продоль-



ный верхний коллектор, а конденсат возвращается по двум нижним продольным коллекторам, расположенным по разные стороны секций. Герметичность теплообменника обеспечивается за счет уплотнителя, в качестве которого могут использоваться специальный шнур, силиконовая мастика и т.д. За счет подвижности секций друг относительно друга сборная чугунная конструкция позволяет немного компенсировать отсутствие упругости, одновременно с этим графит, содержащийся в чугуне, обеспечивает высокий коэффициент поглощения колебаний при вибрациях деталей.

С точки зрения эргономики, секционная конструкция теплообменника является оптимальным решением: во-первых, можно нарастить мощность котла путем простого добавления секций, во-вторых, при разгерметизации или появлении деформаций не требуется замены всего теплообменника – достаточно заменить дефектные секции. Наконец, в третьих, внутри помещения гораздо легче перемещать отдельные секции, чем весь котел в сборе, что немаловажно при проведении профилактических мероприятий. К последним относится не только очистка поверхности теплообменника от сажи и копоти, но и удаление отложений солей жесткости и грязи с внутренней поверхности змеевика, из-за которых затрудняется циркуляция теплоносителя





We measure it.



testo 330 LL - графическая визуализация данных измерений:

**Анализ дымовых газов  
понятный с первого взгляда!**

и, соответственно, снижается теплопроводность стенок теплообменника.

Существуют модели чугунных котлов, которые оборудованы двумя отдельными котельными блоками, размещенными в одном корпусе. При этом каждый блок оснащен отдельной горелкой и отдельным теплообменником, а подающая и обратная магистрали у них общие. В результате получается, фактически, каскад из двух котлов.

### Эксплуатация чугунных секционных котлов

Котлы с чугунным теплообменником обладают хорошей теплоаккумулирующей способностью и большой тепловой инерционностью, благодаря чему на поддержание достаточного уровня тепла требуется меньше топлива. Вместе с тем, высокая тепловая инерционность оборачивается медленным реагированием на быстрые потепления весной и осенью: даже если автоматика котла дает команду на снижение интенсивности работы, теплообменник из-за своей массы еще 3-4 часа будет оставаться горячим, продолжая нагревать теплоноситель и воздух в котельной. Поэтому для котла с чугунным теплообменником следует выбирать автоматику, способную реагировать на изменение температуры заблаговременно (заранее выключать котел, выключать насосы через определенное время после выключения горелки и т.д.). Такая погодозависимая автоматика предлагается большинством ведущих производителей чугунных секционных котлов: Buderus, De Dietrich, Vaillant, Viessmann, Wolf и др. У одних этот электронный блок предлагается в качестве опции, у других входит в базовую комплектацию (встроенная панель управления).

Чугунные секционные котлы работают с довольно высоким КПД и быстро разогреваются, поскольку внутренние поверхности секций образуют непосредственно топочную камеру. Тепловые расчеты котлов производят по фактической площади поверхности нагрева в квадратных метрах. Внутренние полости секций профилированы, благодаря чему достигается большая площадь теплообмена при небольших габаритах и исключаются напряжения, которые могут возникнуть из-за значительного перепада температур между различными участками конструкции. На внешней, соприкасающейся с дымовыми газами поверхности, секции делают круглые, прямоугольные, квадратные или даже волнистые выступы, образующие дымоходный канал сложной формы, который создает турбулентность в движении дымовых газов и способствует увеличению теплообмена.

Чугунные секции не гарантируют безопасной работы при высоких давлениях пара; поэтому у большинства производителей чугунных секционных котлов рабочее давление, как правило, составляет 4–6 бар. Максимальная производительность составляет около 4300 кг пара в час (для этого требуется тепловыделение топлива ~12 ГДж/ч), а тепловая мощность наиболее коммерчески привлекательных котлов варьируется в пределах 100–200 кВт. Как правило, в котельных средней мощности устанавливается каскад из 2–3 чугунных секционных котлов мощностью более 100 кВт каждый, и дальнейшее наращивание мощности осуществляется либо добавлением секций, либо присоединением дополнительных котлоагрегатов.



Товар сертифицирован

реклама

#### 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 O2, за исключением быстроизнашивающихся частей (фильтры)

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





# Проблемы приема и хранения мазута на ТЭС и в промышленных котельных

В. Котлер, к. т. н.

Одним из результатов реализации «Энергетической Стратегии России на период до 2020 г.» должно стать «...постепенное замещение экспорта сырой нефти экспортом нефтепродуктов и интенсификация развития нефтепереработки внутри страны...»

Увеличение добычи нефти в сочетании с развитием нефтепереработки обеспечат в полной мере потребности энергетиков в мазуте, даже несмотря на более глубокую переработку сырой нефти (с увеличением доли светлых нефтепродуктов и газомоторного топлива).

Еще одну особенность предстоящего развития отечественной энергетики необходимо учитывать при планировании инвестиций в системы теплоснабжения. В «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики России до 2020 г. с учетом перспективы до 2030 г.» записано, что потребность тепловых электростанций России в нефтетопливе (имеется в виду мазут) будет постепенно сокращаться: если в 2009 г. на ТЭС было использовано в качестве топлива около 6 млн т у.т. мазута, то потребность в 2020 г. ожидается на уровне 4, а в 2030 г. – даже 3,2 млн т у.т.

Такие показатели будут достигнуты в результате перевода некоторых ТЭС с мазута на природный газ (Архангельская ТЭЦ, Камчатские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 и др.), а также вследствие замены газом мазута, который используется сейчас для растопки и подсветки угольного факела на многочисленных электростанциях Приморского края (после 2012 г.), Иркутской области (после 2015 г.) и Мурманской области (после 2025 г.). В результате больше мазута можно будет направлять не только на действующие, но и на вновь сооружаемые промышленные и отопительные котельные.

Следовательно, проблемы приема, хранения и подачи мазута к форсункам паровых и водогрейных котлов еще долгое время будут оставаться актуальными как для поставщиков оборудования, так и для эксплуатационного персонала мини-ТЭЦ и крупных котельных.

Первое, с чем приходится сталкиваться потребителям мазута – прием поступившего в котельную топлива. Если расстояние до нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) не превышает 15–20 км, то мазут обычно подается по трубопроводу. Крекинг-мазут и высоковязкие сорта мазута для лучшего прокачивания подаются потребителям в подогретом виде.

При значительном удалении промышленной котельной от НПЗ мазут подается железнодорожным, водным или автомобильным транспортом. В этом случае комплекс сооружений и устройств мазутного хозяйства должен включать:

- устройство для слива мазута;
- мазутонасосную;
- металлические или железобетонные резервуары;
- трубопроводы для мазута, пара и конденсата.

Перечисленный комплекс оборудования обеспечивает прием железнодорожных или автоцистерн с мазутом, разогрев вагонов-цистерн и слив мазута из них, хранение мазута в резервуарах, подготовку и обработку мазута перед подачей его к котлам. Здесь же осуществляется учет потребляемого топлива.

Разгрузка и слив мазута из железнодорожных цистерн – весьма трудоемкая операция. Осуществляется она на специальных разгрузочных (сливных) эстакадах, имеющих устройство для разогрева мазута и обслуживания цистерн, а также лотки и каналы для само-

течного слива и подачи мазута в приемные резервуары. На рис. 1 показана разгрузочная эстакада с межрельсовым сливом.

На стояках 1 закреплены вертикальные отводы 2 от общего паропровода 3, проложенного вдоль эстакады для подачи пара к гребенке 4 греющего прибора 5. Для подогрева мазута в цистернах используется острый пар. Подогреватель можно поднимать и опускать поворотным краном-укосиной 6, который имеет подъемный крюк и ручную лебедку 7. Для удобства обслуживания этого хозяйства вдоль эстакады проложен проходной трап 8 с откидными мостиками 9 у каждого стояка.

Мазут из цистерн обычно сливается в выполненные с уклоном межрельсовые лотки, которые иногда подогреваются паровыми спутниками для ускорения движения мазута к приемным резервуарам.

При сливе мазута необходимо обеспечить его достаточный подогрев (особенно в зимнее время года). В цистернах обычной конструкции он чаще всего про-

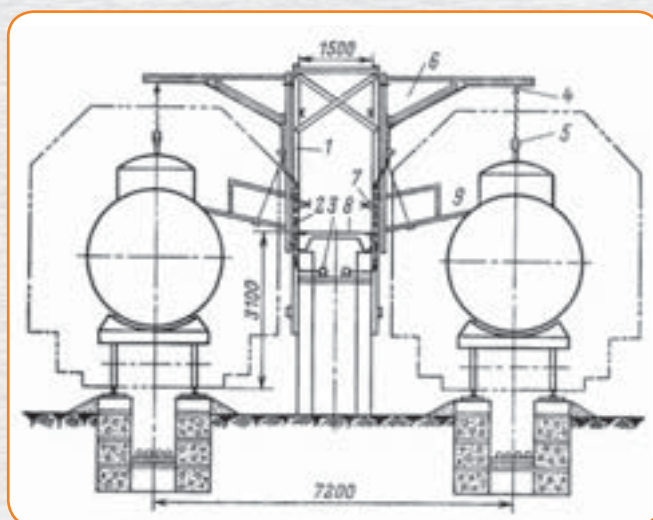


Рис. 1. Разгрузочная эстакада с межрельсовым сливом



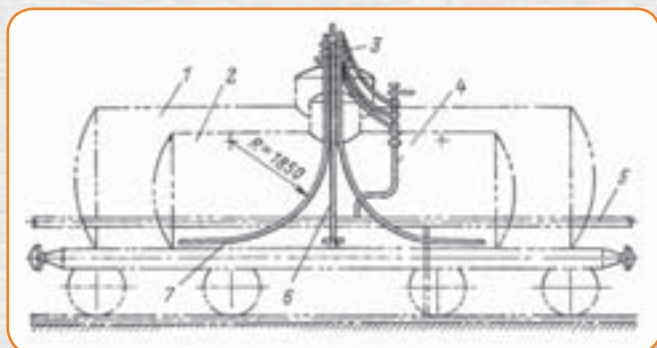


Рис. 2. Устройство для подогрева открытым паром:

1 – цистерна емкостью 50 м<sup>3</sup>; 2 – цистерна емкостью 25 м<sup>3</sup>; 3 – шланг для пара d=32 мм; 4 – паропровод d=50 мм; 5 – паропровод на эстакаде; 6 – центральная штанга; 7 – боковая штанга

водится открытым (острым) паром, реже – переносными змеевиковыми подогревателями, электрогрелками, путем размыва мазута горячими струями топлива (так называемый циркуляционный нагрев). В цистернах, оборудованных универсальным сливным прибором с паровой рубашкой, при сливе патрубок сливного клапана обязательно обогревается паром.

Наибольшее распространение в России получил разогрев мазута на сливе открытым паром. Устройство для реализации этого метода состоит обычно из одной центральной и двух боковых изогнутых перфорированных штанг (рис. 2).

Боковые штанги, имеющие изогнутую форму, располагают в нижней части цистерны, чтобы улучшить циркуляцию разогреваемого топлива. На отогнутых концах боковых штанг и на нижней трети центральной штанги имеются отверстия диаметром 5–6 мм для выхода пара, расположенные в шахматном порядке. Суммарное сечение этих отверстий более чем в два раза должно превосходить поперечное сечение штанг. С паропроводом штанги соединяются при помощи шлангов и крестовины.

Вытекающие в отверстия струи пара разогревают и перемешивают мазут. При этом высокий коэффициент теплоотдачи при конденсации пара способствует повышению эффективности процесса теплообмена.

Скорость прогрева мазута зависит от расхода пара и его параметров. При увеличении расхода пара скорость подогрева возрастает, но при чрезмерной подаче

пара возможно интенсивное бурление.

Циркуляционный способ подогрева предполагает использование переносного подогревателя, которым предварительно прогревают отверстие в центре цистерны вплоть до сливного клапана. Затем мазут центробежным насосом прокачивают через наружный теплообменник для подогрева его на 10–20 °С ниже температуры вспышки. После этого горячий мазут подается к

брандспойту, установленному в цистерне. Струи мазута, вытекающие под давлением из брандспойта, размывают и нагревают мазут в цистерне. На рис. 3 показана схема установки для слива высоковязких топлив из цистерн с применением циркуляционного подогрева.

Расчет затрат при использовании раз-

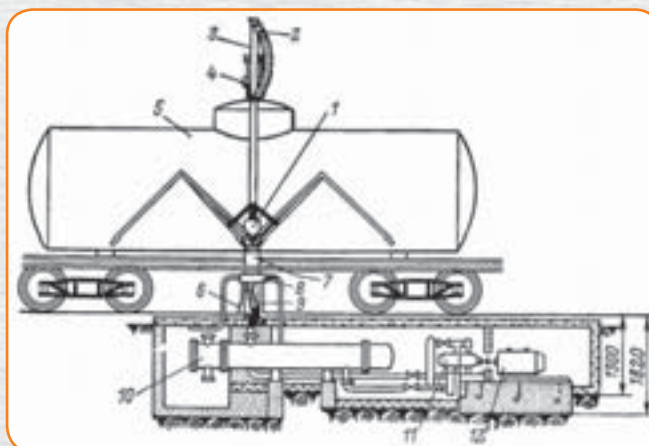


Рис. 3. Установка для разогрева мазута в цистерне циркуляционным методом: 1 – устройство с раскладывающимися трубами-соплами; 2 – шланг; 3 – кран-укосина; 4 – лебедка; 5 – цистерна; 6 – соединительное приспособление; 7 – сливной патрубок; 8 – стакан; 9 – шланг; 10 – кожухотрубный теплообменник; 11 – винтовой насос; 12 – электродвигатель

личных методов слива мазута из цистерн показал, что циркуляционный метод является наиболее дешевым, хотя пара на подогрев он расходует больше, чем при подогреве как стационарными змеевиками, так и открытым паром. По продолжи-

тельности слива мазута циркуляционный метод превосходит метод с использованием открытого пара и, кроме того, его важным достоинством является отсутствие обводнения мазута при сливе. Тем не менее, циркуляционный метод используется чрезвычайно редко из-за значительных капитальных затрат и сложности коммуникаций.

Известен еще один метод, который не только позволяет избавиться от обводнения мазута, но и ускоряет время слива, а также сокращает расход пара и улучшает условия труда. К сожалению, этот способ требует особых цистерн, оборудованных паровыми рубашками, а также реконструкции устройства слива в связи с необходимостью сооружения высоких платформ и изменением схемы слива.

На рис. 4 приведена схема разгрузочной эстакады и цистерна (1) с паровой рубашкой (2). Через сливной патрубок (3) мазут начинает поступать в межрельсовый бункер-лоток (4) уже через несколько минут после подачи пара, который нагревает стенки корпуса до температуры

80 °С. В результате еще холодный мазут начинает скользить по горячей поверхности к сливному патрубку. Схема включает в себя трубчатый подогреватель бункера (5), крышку лотка (6) и паровой шланг (7). Паропровод (8) имеет верхний отвод с запорными вентилями (9) и поворотную колонку (10) для присоединения шланга в случае разогрева мазута открытым паром. Показаны также трубопровод сжатого воздуха (11) и эстакада (12) для обслуживания фронта слива.

Еще одним достоинством использования

цистерн с паровой рубашкой является снижение времени и затрат на зачистку цистерн от остатков мазута. Другие методы слива приводят к тому, что в цистерне остается значительное количество налипшего мазута. Технология обработки цистерн предусма-



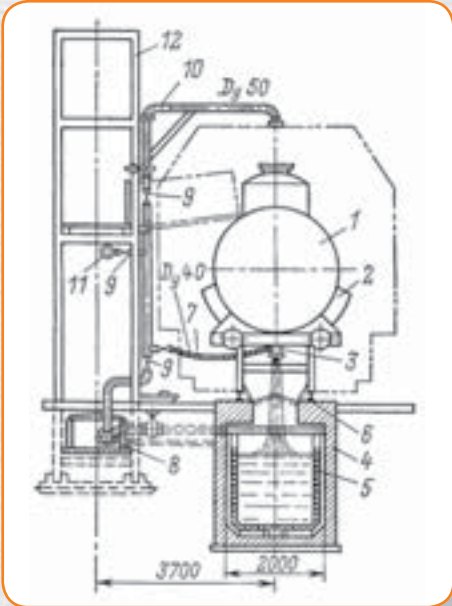


Рис. 4. Схема разгрузочной эстакады для цистерн с паровой рубашкой

тривает удаление остатков мазута, промывку или пропарку, что требует значительного времени, причем заключительная часть работы часто выполняется вручную.

После слива мазут поступает в приемные емкости, а из них – в хранилища мазутного хозяйства (рис. 5).

Типовые мазутные хозяйства промышленных котельных, которые сжигают мазут в качестве основного топлива, оборудуются приемными резервуарами, емкость которых зависит от суточного

расхода или от мощности котельной, а также от способа доставки топлива.

В отопительных котельных, оборудованных котлами мощностью до 30 МВт, устанавливают приемные баки емкостью не более 25 м³ и только в случае установки котлов большей мощности – до 50 м³. Такие баки обычно изготавливают из железобетона без металлической облицовки и обязательно оборудуют подогревателями змеевикового типа.

Большое значение имеет и вид транспорта, поставляющего мазут в котельную: при подаче топлива автотранспортом, например, приемная емкость должна быть не меньше, чем емкость сливаемой автоцистерны.

Емкость топливохранилищ, как и емкость приемных устройств, должна учитывать расход мазута и способ его доставки. Так, например, при доставке мазута по трубопроводам емкость топливохранилища рассчитывается на двухсуточный, при доставке автотранспортом – на пятисуточный, а при доставке по железной дороге – на десятисуточный расход.

Резервуары для хранения мазута по типу сооружения делятся на наземные, полуподземные и подземные. При этом резервуар считается подземным, если самый высокий уровень мазута в нем на 0,2 м ниже наименьшей отметки территории склада. Кроме того, к подземным приравниваются наземные и полуподземные резервуары, имеющие обсыпку высотой,

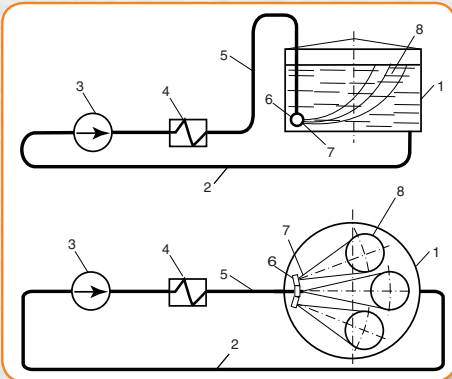


Рис. 6. Схема циркуляционного подогрева не менее чем на 0,2 м превышающей максимальный уровень мазута.

Как стальные, так и железобетонные мазутохранилища оборудуются устройствами для приема, подогрева и выдачи мазута, а также приборами для измерения уровня при заполнении резервуара и при расходе мазута. Для сообщения газового пространства с атмосферой на перекрытии резервуара устанавливается вентиляционный патрубок.

Температура мазута в резервуарах (как и в приемных емкостях) должна поддерживаться на определенном уровне. Для мазутов марок 80 и 100, например, этот уровень равен 60–80 °С (меньшие значения температур принимаются при перекачке мазута винтовыми и шестеренчатыми насосами, большие – центробежными).

Подогрев мазута осуществляется, как правило, при помощи секционного или общего змеевикового подогревателя, в который поступает пар низкого давления. Реже используется так называемый циркуляционный метод подогрева мазута, сущность которого показана на рис. 6. В этой схеме топливо отбирается из нижней части резервуара (1) и по всасывающему трубопроводу (2) поступает в насос (3), который прокачивает его через внешний подогреватель (4). Подогретый мазут по напорному трубопроводу (5) подается в распределительный коллектор (6) и через насадки (7) сбрасывается в резервуар. Растекание затопленных струй подогретого мазута (8) обеспечивает хорошее перемешивание и препятствует осаждению карбоидов. Такой метод резко сокращает время разогрева мазута и не ограничивает возможный уровень подогрева. Использовать его можно для мазута различных марок.

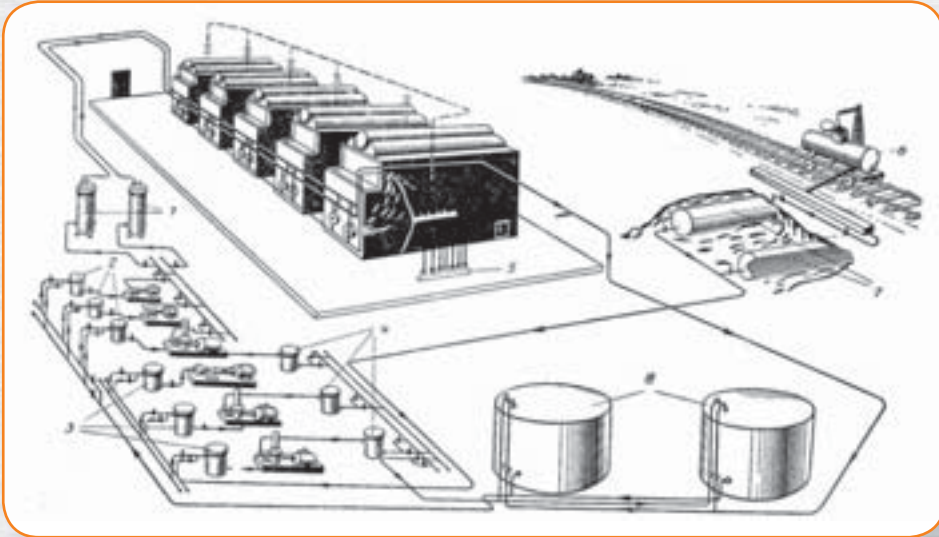


Рис. 5. Схема мазутного хозяйства с наземным мазутохранилищем: 1 – подогреватель; 2, 4 – фильтры тонкой очистки; 3 – фильтр грубой очистки; 5 – паровой коллектор; 6 – железнодорожная цистерна; 7 – приемная емкость; 8 – мазутохранилище

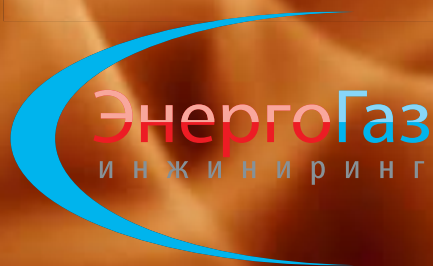
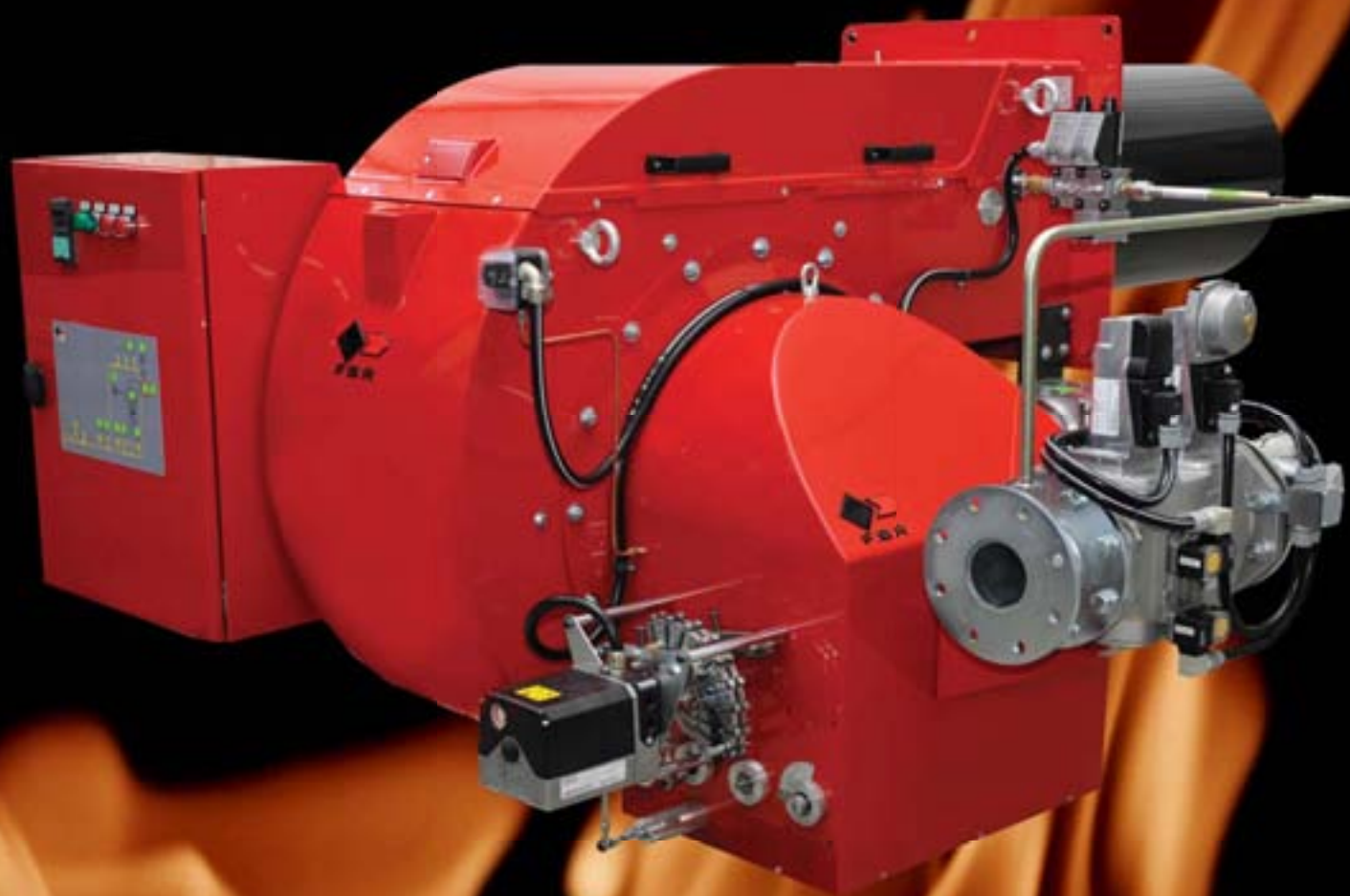




*Мы приносим тепло!*

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



# Нужно ли добавлять воду в мазут?

И. Рыжий

В рекламных проспектах, а иногда и в технических журналах можно встретить предложение приобрести эмульгатор или диспергатор для полного, или «совершенного», перемешивания воды с мазутом. Авторы, как правило, обещают повышение эффективности сжигания мазута и увеличение КПД котла (иногда обещанное повышение КПД составляет 10 или даже 20 %).

Однако любой, кто имеет дело с использованием органических топлив, понимает, что добавление воды в топочную камеру приводит к затратам энергии на испарение этой воды. Продукты испарения покидают котел в газообразном состоянии, унося с собой не только теплосодержание водяных паров, но и скрытую теплоту парообразования. Результатом этого может быть только снижение КПД котла из-за увеличения потерь тепла с уходящими газами –  $q_2$ .

Однако при более внимательном рассмотрении вопроса оказывается, что такой простой вывод не всегда соответствует истине. Сомнения возникают при использовании низкосортного мазута, содержащего повышенное количество кокса и асфальтенов. В некоторых, более серьезных изданиях утверждается, что эмульгирование небольшого количества воды в такой мазут способствует снижению содержания сажи, а также газообразных продуктов неполного сгорания ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ). В результате КПД котла может даже увеличиться.

Для выяснения вопроса в Германии были проведены экспериментальные исследования при сжигании низкосортного мазута марки 200. По некоторым характеристикам этот мазут существенно отличается (в худшую сторону) от мазутов марок 40 и 100, которые обычно поставляются на ТЭЦ, в промышленные и крупные отопительные котельные:

Вязкость (кинематическая), сСт (мм<sup>2</sup>/с):  
 - при 50 °С – 254  
 - при 100 °С – 24,6  
 Плотность при 15 °С, г/л – 967  
 Содержание, %:  
 - карбонатов – 15,1

- асфальтенов – 8,9  
 Зольность, % – 0,01  
 Содержание, %:  
 - седиментов – 0,04  
 - азота – 0,35  
 - серы – 1,5  
 - воды – 0,02  
 - углерода – 87,0  
 - водорода – 11,1

Теплота сгорания (низшая), МДж/кг (ккал/кг) – 40,9 (9770)

Опыты при сжигании этого мазута в чистом виде и с разным количеством воды были проведены на паровом котле номинальной паропроизводительностью 6 т/ч (тепловая мощность – 4,2 МВт). В качестве горелочного устройства была использована горелка типа SKVJ 60 с ротационной форсункой (такие горелки в отличие от механических или паромеханических форсунок, чаще используются при сжигании высоковязких жидких топлив). Схема котельной установки с измерительными устройствами приведена на рис. 1.

В двухступенчатом подогревателе мазута (1) поступающее в котел топливо сначала нагревалось до температуры 85 °С, а во второй ступени – электрическом подогревателе – температура мазута повышалась до уровня, обеспечивающего эффективное распыливание.

Затем в установке (2) в мазут (при давлении 2 кгс/см<sup>2</sup>) впрыскивалась вода (давление – 10 кгс/см<sup>2</sup>), причем ее количество тщательно измерялось перед смешением.

Производительность горелки с ротационной форсункой SKVJ 60 менялась в широком диапазоне, обеспечивая тепловую мощность от 0,67 до 7,36 МВт. При частоте вращения распыливающего стакана 6500 мин<sup>-1</sup> и давлении первичного воздуха 1000 кгс/м<sup>2</sup> обеспечивалось эффективное распыливание мазута.

Паровой котел (4) – трехходовой жаротрубно-дымогарный, рассчитанный на давление 13 кгс/см<sup>2</sup>. Шкаф (5) содержит аппаратуру, обеспечивающую автоматиче-

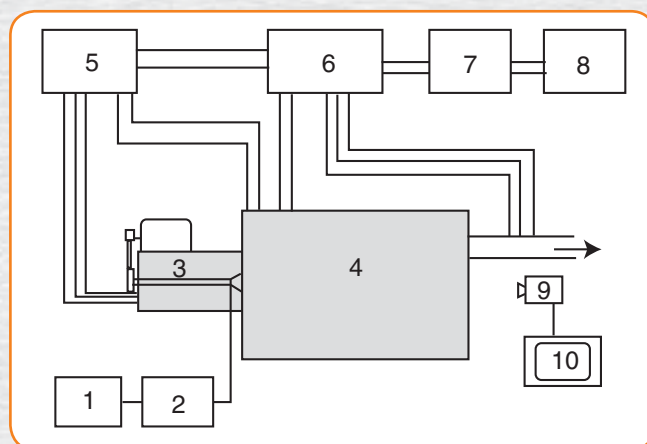


Рис. 1. Схема мазутного котла с измерительными приборами:

1 – подогреватель топлива; 2 – система впрыска воды в мазут; 3 – горелочное устройство SKVJ 60; 4 – паровой котел производительностью 6 т/ч; 5 – шкаф с устройствами управления; 6 – измерительные приборы; 7 – компьютер и система обработки информации; 8 – принтер; 9 – видеокамера; 10 – телевизор



ское управление горелкой (3) как при пуске, так и в рабочем режиме. Соотношение «топливо-воздух» измерялось с помощью механического регулятора, а для отбора проб продуктов сгорания и их последующего анализа применялся измерительный прибор фирмы E. Koneth (Швейцария).

Опыты с присадкой воды были проведены при нескольких нагрузках котла: 16, 58, 100 и 140 % номинальной тепловой мощности. При этом избыток воздуха сохранялся постоянным ( $O_2=3\%$  в дымовых газах за котлом), а доля добавляемой воды на каждой нагрузке менялась от 0 до 25 %. Кроме того, в специальных опытах оценивалось влияние температуры подог

Табл. Результаты опытов при сжигании мазута и водно-мазутной эмульсии

Показатель		Сжигание низкокачественного мазута	Сжигание того же мазута с водой
Объемный расход мазута, л/ч		530	529
Температура подогрева мазута, °C		88	90
Температура эмульсии, °C		–	82
Содержание $O_2$ в дымовых газах за котлом, %		3,0	2,9
Содержание твердых частиц, мг/м³		832	113
Содержание продуктов неполного сгорания, ppm*	CO	8,4	3,8
	CnHm	0,55	0,3

\* ppm=10<sup>6</sup>=см³/м³=%·10<sup>4</sup>

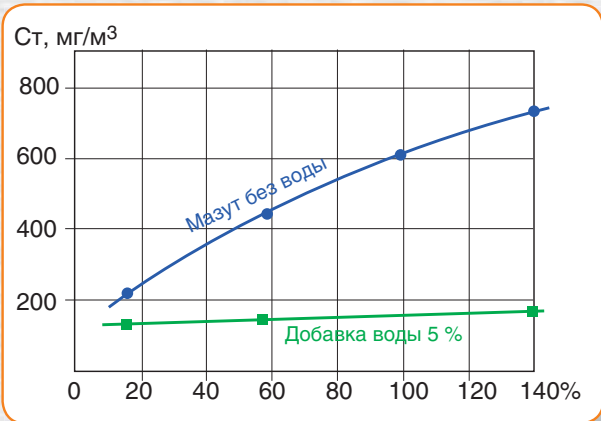


Рис. 2. Зависимость концентрации твердых частиц от нагрузки котла (в случае добавления 5 % воды и без добавления воды)

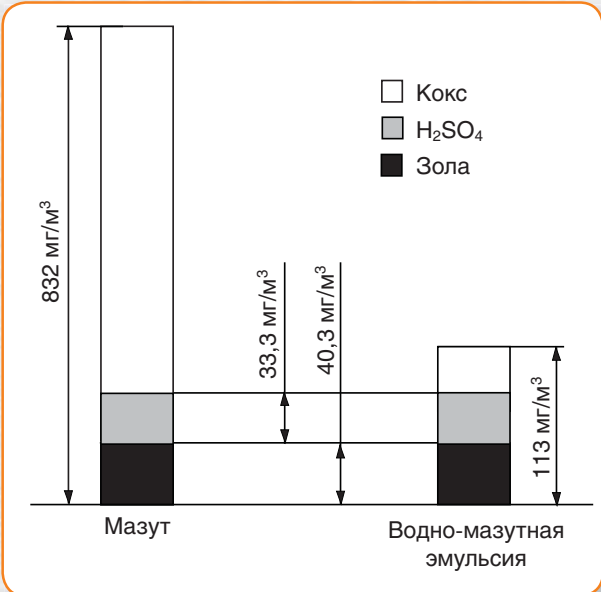


Рис. 3. Содержание твердых частиц в продуктах сгорания при сжигании мазута и водно-мазутной эмульсии

рева мазута на образование кокса.

Основнымположительным эффектом от впрыска воды, как и ожидалось, оказалось снижение концентрации твердых остатков (кокса, а также небольшого количества золы и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в дымовых газах. Особенно заметно это было в опытах на форсированной нагрузке: при сжигании чистого мазута концентрация твердых частиц  $C_T$  составляла 740 мг/м³, а уже при добавлении 5% воды – только 160 мг/м³ (рис. 2). Увеличение доли воды до 9 % ещё больше снизило концентрацию твердых частиц – до  $C_T=100$  мг/м³. Дальнейшее повышение присадки воды практически не влияло на величину  $C_T$ , а КПД котла заметно снижался из-за роста тепловых потерь с уходящими дымовыми газами.

Что касается сниженной нагрузки (0,67 МВт, или 16 % номинальной), то в этих опытах даже при сжигании чистого мазута содержание кокса было достаточно низким (~200 мг/м³), а затем снизилось до 90 мг/м³ при добавке воды в количестве 12 % и в дальнейшем оставалось постоянным даже в опытах при доле воды 19 и 25 %.

Анализ других компонентов в составе дымовых газов в тех же опытах показал, что впрыск воды помимо снижения количества твердых остатков уменьшает еще и содержание продуктов неполного сгорания: CO и C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>. Правда, абсолютная величина этих компонентов и на чистом мазуте оказалась достаточно низкой: даже при форсированной нагрузке концентрация CO была равна 10 ppm (0,0001 %). В опыте с долей воды 15 % концентрация CO снизилась до 3 ppm. На номинальной нагрузке добавление 13 % воды уменьшило содержание CO в продуктах сгорания от 7,5 ppm до нуля.

Концентрации других углеводородов также снизились при сжигании мазута с водой, но абсолютная их величина на всех нагрузках была достаточно низкой: при номинальной нагрузке на чистом мазуте концентрация C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> составляла 2,3 ppm, а при доле воды 13% она снизилась практически до нуля.

Результаты опытов, проведенных при тепловой мощности горелки 5,45 МВт, как на мазуте, так и на водно-мазутной эмульсии (при добавке в мазут оптимального количества воды), приведены в таблице. Снижение концентрации твердых частиц на 86 % не отражает фактического уменьшения горючих в уносе: анализ проб твердого остатка показал (рис. 3), что количество золы и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в опытах с добавлением в мазут воды остается прежним и, следовательно, содержание кокса (горючих) составляет только 113–33,3–40,3=39,4 мг/м³. Сравнение с исходным содержанием горючих (832–33,3–40,3=758,4 мг/м³) показыва-



ет, что количество горючих уменьшилось на 719 мг, т.е. на 94,8 %.

Дополнительное сгорание 719 мг кокса на каждый кубометр дымовых газов дает повышение КПД котла, которое легко подсчитать.

Теплота сгорания кокса равна 34 МДж/кг. При сжигании 1 кг мазута образуется 12,406 м³ дымовых газов (с учетом избытка воздуха). Следовательно, дополнительное количество теплоты за счет уменьшения потерь с механическим недожогом составит:

$Q_4 = 34\,000 \cdot 719 \cdot 10^{-6} \cdot 12,406 = 303 \text{ кДж/кг}$   
Такая экономия тепла приведет к увеличению КПД котла на  $\Delta\eta_4 = Q_4/Q_p = 303/40900 = 0,741 \%$  (здесь  $Q_p = 40\,900 \text{ кДж/кг}$  – располагаемая теплота, введенная в топку).

Одновременно, из-за испарения добавленной к мазуту воды и нагрева H₂O до температуры уходящих газов, увеличатся потери с уходящими газами:

$Q_2 = (r + c \cdot \Delta t) \cdot G = [2258 + 1,87(200 - 100)] \cdot 0,081 = 198 \text{ кДж/кг},$

где  $r$  – энтальпия испарения воды, кДж/кг;

$c$  – теплоемкость пара, кДж/(кг·°C);

$\Delta t$  – разность температур, °C

( $t_{yx} = 200 \text{ °C}$ );

$G$  – количество поданной в мазут воды, кг/кг.

Рассчитанное увеличение потерь  $q_2$  снижает КПД котла на  $\Delta\eta_2 = Q_2/Q_p = 198/40900 = 0,484 \%$ .

Таким образом, в данном случае КПД котла, несмотря на присадку воды, несколько увеличивается:

$\Delta\eta = \Delta\eta_4 - \Delta\eta_2 = 0,741 - 0,484 = 0,257 \%$ .

Аналогичные расчеты для опытов с разной величиной присадки воды показали, что дальнейшее увеличение  $G$  приводит к еще меньшему увеличению КПД, а при количестве добавляемой воды 12 % и выше происходит уже снижение КПД, т.к. рост потерь с уходящими газами оказывается больше снижения потерь с механическим недожогом.

Специальные опыты были проведены с различным подогревом мазута и водно-мазутной эмульсии. Результаты этих опытов (рис. 4) показали, что при повышении температуры подогрева чистого мазута с 87 до 120 °C концентрация твердых частиц снижается с 832 до 645 мг/м³. Это объясняется улучшением качества распыливания мазута в результате уменьшения его вязкости. При добавке воды в мазут изменение температуры в диапазоне от 90 до 121 °C не привело к изменению концентрации твердых частиц.

Результатом проделанной работы является достаточно четкое представление о том, что добавка воды к мазуту может

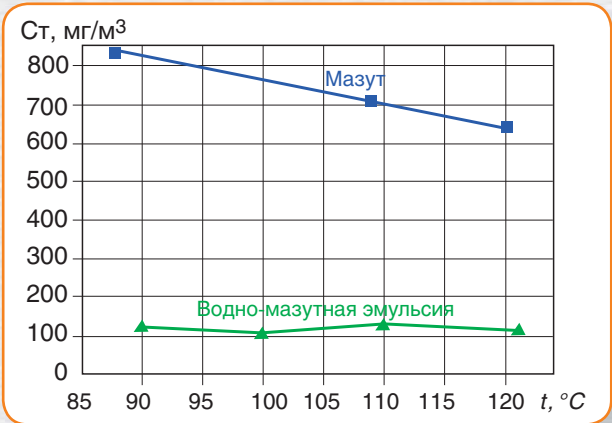


Рис. 4. Зависимости концентрации твердых частиц в дымовых газах от температуры подогрева топлива при сжигании мазута и водно-мазутной эмульсии

оказаться полезной только при сжигании высоковязкого мазута с повышенным содержанием карбонатов и асфальтенов. Добавка к такому мазуту воды в количестве 8–10 % может несколько (на доли процентов) повысить КПД котла, т.к. снижение потерь с механическим недожогом будет превышать дополнительные потери с уходящими газами. При сжигании более качественных видов жидкого топлива добавление воды в мазут представляется нецелесообразным. Исключение могут составить только конденсационные котлы, в которых (при полной конденсации водяных паров) присадка воды к мазуту не должна привести к росту потерь с уходящими газами.

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

ООО «АЛВАС Инжиниринг» 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

**Поставляемое оборудование:**

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

Реклама



# Надёжность стратегического партнёра!

Корпорация

**ПРОФЕССИОНАЛ**



Россия, 410047, г.Саратов,

ул.Сибирская, 2А

т/ф: (8452) 66-11-66, 66-06-24,

66-06-25, 66-06-27, 76-88-33

e-mail: [prof-sar@mail.ru](mailto:prof-sar@mail.ru) [www.prof-sar.ru](http://www.prof-sar.ru)

- ♦ Проектирование
- ♦ Согласование
- ♦ Производство
- ♦ Монтаж

- ♦ Пусконаладка
- ♦ Тех.Обслуживание
- ♦ Диспетчеризация
- ♦ Эксплуатация

Котельные "Professional" "ПОД КЛЮЧ" по всей России

Инновационность котельных  
"Professional" опережает время



Котельная 10 МВт



Котельная 4 МВт



Котельная 14 МВт



Котельная 6,4 МВт



Котельная на шасси 3 МВт



Водогрейные и паровые  
котельные "Professional"  
от 100 кВт до 100 МВт  
на любом виде топлива



# Угольные котельные: специфика российских топок

В. Казачек, В. Шемякин, к.т.н.

*В статье рассматриваются некоторые особенности эксплуатации механических топок отечественного производства, работающих на ископаемых углях: топок с цепной решеткой прямого хода и топок с цепной решеткой и забрасывателями обратного хода.*

**В** настоящее время для промышленно-отопительных котлов в России применяется два основных типа механических топок для сжигания ископаемых углей: топки с цепной решеткой прямого хода типа ТЧ (рис. 1) и топки с цепной решеткой и забрасывателями обратного хода типа ТЧЗМ и ТЛЗМ (рис. 2).

Оба типа топок серийно выпускаются ООО «Кусинский литейно-машиностроительный завод» (КЛМЗ). В последние годы для установки под своими котлами Бийский котельный завод также стал выпускать топки ТЧЗМ и ТЛЗМ, по конструкции не отличающиеся от топок, выпускаемых КЛМЗ.

Среди указанных двух типов топок, находящихся в эксплуатации, преобладают топки ТЧЗМ и ТЛЗМ для установки под паровыми и водогрейными котлами тепловой мощностью от 5 до 58 МВт.

Разработанные в США топки, производство которых впоследствии было освоено и в СССР, пришли на замену устаревшим топкам с наклонно-переталкивающей решеткой ВТИ-Комега и др. Это явилось революционным этапом в развитии отечественной топочной техники.

Топки ТЧЗМ и ТЛЗМ универсальны по топливу: в соответствии с действующими стандартами в этих топках могут сжигаться каменные угли (грохоченные и рядовые) с содержанием мелочи (0–6 мм) в дробленном топливе не более 60 %, а максимальный размер куска не должен превышать 50 мм. Зольность каменных углей не должна превышать  $A^c=35\%$ , а летучие – не менее 20 %. При увеличении зольности выше указанной и уменьшении содержания летучих ниже 20 % возможно снижение экономичности котла или тепловой мощности (при испытаниях парового

котла  $D=10$  т/ч на кузнецком угле марок СС и Т авторами получено увеличение потери тепла с мехнедожогом с 10–12 % для угля СС ( $V^r=18–25\%$ ) до 18–25 % для угля Т ( $V^r=13–18\%$ ).

Требования стандартов по гранулометрическому составу для бурых углей такие же, как и для каменных. Кроме того, влажность бурых углей не должна превышать 40 %, а теплота сгорания не должна быть более 3000 ккал/кг.

Важными достоинствами этих топок являются:

- эффективное нижнее зажигание слоя, так как подаваемый забрасывателем уголь падает на горящий слой топлива;
- пофракционная сортировка слоя при механическом забросе угля, способствующая лучшему выгоранию угля;
- также улучшает выгорание угля принцип пневмо-механического заброса, примененный в этих топках: мелкие частицы угля отсеиваются при подаче топлива в топку и сгорают в ее объеме, а более крупные куски падают на решетку и сгорают в слое;
- сжигание угля в тонком слое позволяет избежать спекания и шлакования, а также позволяет достигать высоких тепловых форсировок решетки.

Вместе с тем, надежность и экономичность работы топок ТЧЗМ и ТЛЗМ в большой степени зависит от надежной работы забрасывателей топлива и колосниковой решетки. К сожалению, несмотря на боль-

шой объем выполненных КЛМЗ и ОАО «НПО ЦКТИ» за последние 35 лет работ, направленных на повышение надежности, качество топок оставляет желать лучшего и в настоящее время.

Основные претензии к работе забрасывателей:

- ненадежная работа вариатора, из-за чего во многих случаях в течение первого месяца работы нарушается регулировка подачи угля;
- постоянное просыпание мелких частиц угля на предтопок из-под пластин ленты питателя при ее движении;
- заклинивание ротора налипающими частицами угля на внутреннюю часть лотка из-за несоблюдения проектного зазора между лопатками и лотком;
- перегрев и выход из строя двигателя забрасывателя из-за недостаточного охлаждения.

Имеются также претензии к качеству колосников и держателей – отступление от проектных размеров, литейные раковины, срезание шпонок, крепящих колосники в топках ТЛЗМ. Имеются (на отдельных объектах) жалобы на излом держателей в

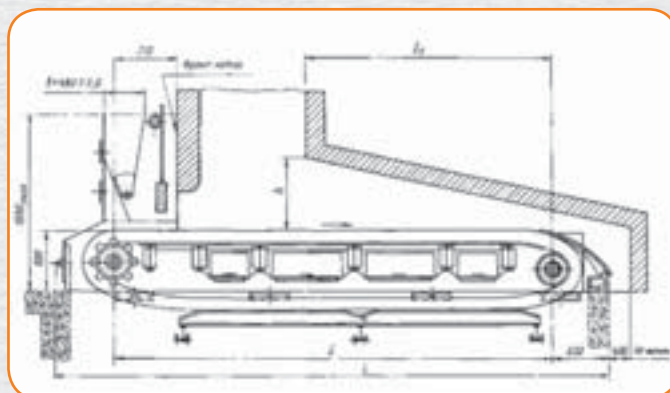


Рис. 1. Топка с цепной решеткой прямого хода типа ТЧ



топках ТЧЗМ и выпадение в этих топках целых пакетов колосников.

Если указанные выше проблемы связаны прежде всего с неудовлетворительным качеством изготовления, то зачастую аварии с топками происходят по вине эксплуатационного персонала. При несвоевременной чистке воздушных зон провал может загораться, что приводит к удлинению цепей в топках ТЧЗМ и, как следствие, к выпадению колосников.

Важное значение в этих топках имеет правильное выполнение амбразуры забрасывателя (чертеж приводится в заводской инструкции по эксплуатации топki). Отступление от рекомендаций завода может привести к неравномерному распределению топлива по решетке и, соответственно, к ухудшению выгорания горючих в шлаке. Так, например, в ноябре 2011 г. при внутреннем осмотре топki котла КЕ-25-14С в одной из котельных г. Воркуты было обнаружено, что амбразура выложена без раскрытия в стороны боковых экранов. Проведенный на неработающем котле заброс топлива и последующая проверка профиля слоя топлива показала, что вместо равномерного слоя угля на колосниковой решетке образовались две грядки по оси забрасывателей с постепенным утонением слоя к краям решетки и к центру, что при работе котла приводит к неравномерному проходу воздуха через слой, ухудшению выгорания слоя и увеличению избытка воздуха в топке.

Известна эффективность возврата уноса и острого дутья на снижение потери тепла с уносом. Однако зачастую эксплуатационный контроль за работой этой системы проводится формально. Необходимо контролировать выходные сопла со стороны топki, так как они могут быть зашлакованы стекающим со стены шлаком или забиты попавшими в них кусками угля.

Топки с решетками прямого хода просты конструктивно и в них в принципе можно сжигать неспекающиеся или слабоспекающиеся каменные угли, умеренно влажные бурые и антрациты. Спекающиеся или с легкоплавкой золой угли требуют постоянной шуровки слоя для поддержания нормальной работы топki из-за образования «коржей». При содержании в угле мелочи (0–6 мм) более

50 % наблюдается кратерное горение и требуется шуровка для поддержания нагрузки. Бурые угли с влажностью более 30 % также не могут обеспечить стабильную работу топki.

Вследствие указанных обстоятельств действующие стандарты рекомендуют применять топki прямого хода только для сжигания грохоченного антрацита классов 13–25 мм и 6–13 мм.

Принципиальной особенностью топок прямого хода является малоинтенсивное верхнее зажигание слоя. Для улучшения зажигания в этих топках необходимо выполнять низко опущенный задний наклонный свод, перекрывающий 50–65 % активной длины решетки. Свод служит для лучшего перемешивания газов, покидающих топку, и для усиления излучения газов на начальный участок слоя.

Из-за наличия продолжительной зоны подсушки топлива и затем зоны зажигания габариты топок прямого хода для котлов одной и той же мощности получаются больше, чем для топок с решетками обратного хода. Кроме того, на топках прямого хода требуется боковое обслуживание через лазы на боковой стене котлов, что менее удобно, чем обслуживание с фронта, тем более что слой в этих топках может достигать 200 мм.

В настоящее время применение топок с решетками прямого хода незначительно. В номенклатуре изделий КЛМЗ значится 2 типоразмера топок прямого хода – для котлов ДКВр-10 и ДКВр-20.

Однако ОАО «Бийский котельный завод» и ООО «КЛМЗ» в последние годы разработали топki прямого хода для водогрейных котлов тепловой мощностью от 1,8 до 2,5 МВт. Проведенные авторами испытания в Кемеровской области котла производства ООО «КЛМЗ» с топкой ТЛП (топка с ленточной колосниковой решеткой прямого хода) показали надежную работу котла и топki. В связи с тем,

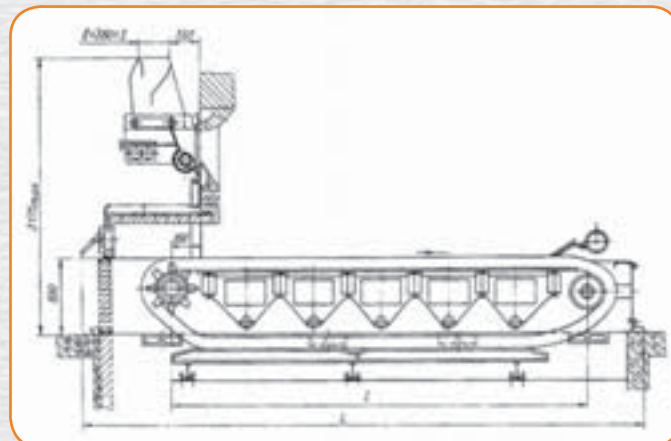


Рис. 2. Топка с цепной решеткой и забрасывателями обратного хода типа ТЧЗМ и ТЛЗМ

что ширина решетки составляла всего 1000 мм, боковое обслуживание (шуровка слоя) не вызывало затруднений. На рядовом угле котел уверенно обеспечивал номинальную нагрузку. В данном случае важным является то, что для котла малой мощности выгоднее использовать более дешевую топку, не требующую забрасывателей – источника выше описанных неприятностей.

Потребители должны со временем оценить целесообразность оснащения маломощных котлов такими топками.

Таким образом, основным топочным устройством для промышленно-отопительных котлов, использующих в качестве топлива ископаемые угли как в России, так и за рубежом в настоящее время являются механические топki с колосниковыми решетками как прямого хода, так и обратного (с забрасывателями).

Пока топki отечественного производства уступают зарубежным по экономическим показателям, вследствие устаревшей технологии их изготовления, а также использования для сжигания рядовых углей (а не сортированных, как за рубежом).

Однако есть надежда, что возобновление производственных связей с КЛМЗ – основным производителем топочного оборудования, которое намечается на 2012 г. заключением договора с ОАО «НПО ЦКТИ» на разработку мероприятий по модернизации забрасывателей топлива, позволит поднять качество нашей продукции на более высокий уровень.





Паровые винтовые машины (ПВМ) применяются для выработки электроэнергии в котельных при срабатывании перепада давления пара. Как паровой двигатель, ПВМ в диапазоне мощности 200–1500 кВт обладает значительными техническими преимуществами перед лопаточной паровой турбиной по эффективности, габаритам, стоимости, надежности и безопасности.

## Энергосбережение на базе паровой винтовой машины

С. Березин, д.т.н., А. Богачева, ЗАО «Эко-Энергетика»

**В** настоящее время все большее распространение получает использование энергии пара для выработки электроэнергии в котельных (фактический перевод их в мини-ТЭЦ). Масштабы применения этой технологии достаточно велики. Так, в России эксплуатируется около 80 тыс. паровых котельных паропроизводительностью 10–100 т/ч. Обычно они принадлежат небольшим предприятиям лесопильной, пищевой, текстильной и др. отраслей.

Параметры производимого пара в разных котельных сильно различаются в зависимости от использования пара на данном предприятии. Потребление пара зависит от времени года (летний и зимний режимы) и от времени суток. Например, котлы широкого промышленного назначения чаще всего проектируются на дав-

ление пара 1,27 МПа (изб.), а для изношенных котлов, которых в настоящее время достаточно много, по предписанию Ростехнадзора давление ограничивается 0,69–0,78 МПа (изб.). В свою очередь, для технологических нужд обычно требуется давление 0,39–0,59 МПа, а для отопления – 0,15–0,2 МПа (изб.) с расходом пара 3–6 т/ч. Таким образом, складывается ситуация, когда в котельных имеется неиспользуемый перепад давления пара 0,29–0,59 МПа с расходом 6–50 т/ч. Применение этого потенциала позволяет получить дополнительно 200–1500 кВт электрической мощности. Для этого пар после котла направляют в расширительную машину, например, паровую турбину, связанную с электрогенератором, – в результате можно получить дешевую электроэнергию (дополнительный рас-

ход топлива и эксплуатационные расходы незначительны).

Важно отметить, что производство собственной электроэнергии в котельной является полезным, но побочным процессом. Главное – не нарушить режим работы основного производства, используя его пар для своих технологических нужд. Однако использование паровой турбины в данной технологии малопродуктивно, поскольку в области небольших мощностей она имеет ряд известных недостатков.

Наиболее привлекательной по совокупности свойств в данном диапазоне мощности является паровая винтовая машина (ПВМ), которая по сути является новым типом парового двигателя. ПВМ разработана в России, аналогов ее за рубежом нет. На конструкцию машины, ее узлов и систем получено свыше



20 патентов в России и за рубежом. В диапазоне мощности 200–1500 кВт она значительно превосходит практически по всем показателям обычную лопаточную паровую турбину.

ПВМ является наиболее перспективной основой для создания мини-ТЭЦ, особенно в районах Крайнего Севера. Здесь ориентация на электростанции на дизельном топливе должна быть исключена в связи с многократным повышением его цены. В мини-ТЭЦ должны использоваться местные топливные ресурсы: уголь, торф, отходы лесопереработки.

### Устройство и принцип действия ПВМ

ПВМ является машиной объемного типа действия. Она содержит ведущий и ведомый роторы в виде шнеков специаль-



ного профиля. Выходной вал ведущего ротора подсоединен к электрогенератору. Роторы находятся в зацеплении и имеют шестерни связи, исключая взаимное касание роторов во время работы.

Принцип действия ПВМ состоит в следующем. Пар высокого давления из котла поступает в ПВМ через впускное окно в корпусе с одного торца роторов. После заполнения паром канавки между зубьями происходит отсечка пара, и при дальнейшем вращении роторов в канавке (парной полости) порция пара объемно расширяется. В конце расширения канавка сообщается с выпускными окнами в корпусе на другом торце роторов. Выпускаемый пар поступает в тепловую сеть для технологических нужд (например, для выпарки сахара из свеклы) или для отопления.

По сравнению с лопаточной паровой турбиной, ПВМ имеет следующие преимущества:

- высокий КПД расширения (70–75 %) в широком диапазоне режимов (конденсат, образующийся при расширении пара, затекает в зазоры между рабочими органами, уменьшая утечки пара и повышая КПД);
- простота конструкции, высокая ремонтопригодность, относительно небольшие затраты на производство двигателя;
- высокий межремонтный ресурс (15 000 ч), обусловленный отсутствием взаимного касания роторов и, соответственно, отсутствием механического износа;
- ПВМ может работать на паре любой влажности. При малой скорости потока между винтами отсутствует эрозийный износ поверхностей рабочих органов;
- «неприхотливость» к качеству пара, наличию в нем частиц окалины, грязи (например, при испытаниях шпилька длиной 110 мм и диаметром 16 мм, забытая во впускном трубопроводе, прошла через точную часть ПВМ, не повредив и не заклинив роторы);
- габариты ПВМ в 1,5–2 раза меньше, чем у турбины – это важно при размещении ПВМ в действующем здании котельной;
- высокая маневренность при изменении режима работы, быстрый пуск и останов;
- высокая эксплуатационная надежность и безопасность при возникновении аварийной ситуации.

### Потребительские качества ПВМ

Основное отличие энергоустановки с ПВМ от имеющихся на рынке паротурбинных установок заключается в том, что они спроектированы практически на одно единственное сочетание расхода и давления пара на входе и выходе машины. Такое сочетание условий по пару определяет мощность машины. В то же время условия по пару у разных заказчиков сильно различаются, и маловероятно, чтобы они совпали с расчетными условиями машины.

Конструкция ПВМ позволяет в широком диапазоне приспосабливаться к конкретным требованиям заказчика и, как

следствие, может покрывать весь наиболее часто встречающийся диапазон мощности – от 200 до 1500 кВт. Этот фактор значительно расширяет область применения ПВМ.

Можно сформулировать ряд требований к облику энергоустановки с ПВМ, чтобы она наиболее полно учитывала потребности сложившегося рынка и могла успешно конкурировать на нем. Прежде всего, необходимо оценить наиболее вероятный потенциал мощности пара в котельных и, исходя из этого, задать диапазон мощности машины. Существует ряд наиболее часто встречающихся у различных заказчиков параметров пара (давление на впуске и выпуске, расход пара и мощность, которую можно реально получить с помощью ПВМ).

Каждое такое сочетание режимных параметров пара определяет мощность ПВМ. Оптимальная настройка конструкции машины на определенное сочетание параметров пара осуществляется за счет подбора соответствующих конструктивных параметров. При двух-трех базовых конструкциях машины, которые определяются диаметром винтов и литейными моделями корпуса, можно получить мощность в диапазоне 200–1500 кВт, если пар имеет указанные параметры. Это обстоятельство гарантирует широкий рынок сбыта ПВМ.

Энергоустановка с ПВМ может быть трех типов: для автономного режима; параллельной работы с сетью (режим энергосбережения); использоваться для непосредственного привода агрегатов собственных нужд в котельной, например водяных насосов. При работе в режиме энергосбережения установка работает на сеть предприятия, покрывая часть собственных нужд и уменьшая тем самым потребление электроэнергии из сети. Обороты энергоустановки определяются частотой переменного тока в сети, мощность – перепадом давления и расходом пара через машину и регулируется дроссельным клапаном на входе в ПВМ.

Система автоматического управления и защиты ПВМ, основанная на микропроцессорной технике, должна учитывать различный технический уровень приборного оснащения котельных, допуская возможность совместной работы с современными





АСУ ТП на базе персональных компьютеров, а также автономно в котельной с морально устаревшими КИП.

При разработке конструкции ПВМ большое значение придается ее ремонту и пригодности. Ремонт производится обычно через 1,5–2 года и заключается в перезаливке баббитом подшипников скольжения, а также в полировке или замене уплотнительных колец торцевых уплотнений. Обычно на переборку ПВМ достаточно 4–5 рабочих дней двух слесарей.

## Особенности эксплуатации

ПВМ рассчитана на достаточно низкий уровень технического обслуживания, поскольку ее эксплуатация осуществляется персоналом котельной. Это слесарь по обслуживанию ПВМ, масляной и водяной систем; оператор КИП; мастер по электронной аппаратуре для ухода за компьютером и электронным шкафом управления и слесарь-электрик для обслуживания электросиловой части установки.

Персонал работает в дневную смену. Круглосуточный контроль работы энергоустановки осуществляется с монитора компьютера, который находится на пульте управления котельной. Постоянного контроля за работой установки со стороны дежурных операторов не требуется. Вся информация об изменении параметров сохраняется в компьютере. При возникновении какой-либо аварийной ситуации (например, пропало напряжение в сети) система аварийной защиты автоматически останавливает установку и мгновенно переключает поток пара через ПВМ на байпасную линию. Это делается для того, чтобы не допустить перебора в пароснаб-

жении основного технологического цикла предприятия.

При параллельной работе с сетью 0,4; 6; 10 кВ целесообразно использовать асинхронный генератор (АГ), который фактически является обычным серийным асинхронным двигателем с короткозамкнутой обмоткой ротора.

АГ имеет следующие преимущества перед синхронным генератором (СГ):

- более прост в обслуживании и надежен в эксплуатации;
- стоимость АГ вдвое ниже, чем СГ;
- не требуется система синхронизации с сетью и регулятор возбуждения генератора.

Недостатком АГ является потребление реактивной мощности из сети, но ее можно компенсировать включением батареи конденсаторов на низковольтной стороне. Стоит отметить, что в процессе эксплуатации энергоустановки с АГ у электроэнергетиков предприятия никогда не возникало нареканий к работе электросиловой части.

При согласовании технических условий на подключение генератора к сети часто возникают трудности.

Электроснабжающие организации не заинтересованы в выдаче электрической мощности в сеть за пределы предприятия. Поэтому собственное производство электроэнергии в котельной должно обеспечивать только нужды предприятия.

## Создание и техническое совершенствование ПВМ

История создания ПВМ началась в 1991 г., когда в условиях «дикого» рынка появилась потребность в дешевой электроэнергии для собственных нужд котельной. Группа специалистов в Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ) под руководством автора провела первые эксперименты на модельной установке. Был получен первый патент на ПВМ.

Опытные образцы машины мощностью 200 кВт были созданы в 1993 г. и уста-

новлены на мусоросжигательном заводе № 3 в Москве для привода сетевых насосов. Модернизированные образцы ПВМ-200-АГ прошли испытания на стенде завода «Бекерон» в Москве. Изучался рабочий процесс, совершенствовалась конструкция машины и смежных систем.

В 2004 г. на Раевском сахарном заводе (Башкортостан) была создана энергоустановка ПВМ-2000-АГ мощностью 800 кВт с асинхронным электрогенератором.

Специфика завода не позволяла подавать в ПВМ пар со стабильными параметрами: его давление на входе колебалось от 0,59 до 1,03 МПа (абс.) при  $t$  до 230 °С, противодействие на выпуске составляло 0,2–0,29 МПа (абс.) с  $t$  до



157 °С. Отходящий пар подавался на выпарку сахара. При работе по тепловому графику выдача мощности в сеть колебалась от 320 до 808 кВт при средней мощности 612 кВт. Стоимость электроэнергии составила 0,24 руб./кВт·ч, что в 4,5 раза ниже тарифа.

В связи с тем, что мощность ПВМ не удовлетворяла потребности завода, энергоустановка была продана в г. Златоуст, а на предприятии установили две турбины Калужского турбинного завода мощностью по 2500 кВт. В настоящее время модернизированная установка ПВМ-2000-АГ успешно работает в котельной № 3 Златоустовского теплотреста.

В 2007 г. в котельной завода «Пигмент» (С.-Петербург) ЗАО «Эко-Энергетика» запустило энергоустановку с ПВМ мощностью 1000 кВт. Установка вышла на про-



ектную мощность, доказав свою работоспособность и эффективность. При работе по тепловому графику выдача активной электрической мощности в сеть предприятия колебалась от 120 до 720 кВт, средняя часовая мощность составила 563,3 кВт, стоимость выработанной электроэнергии – 0,21 руб./кВт•ч.

В 2008 г. под руководством автора статьи компанией «ВМ-Энергия» была создана и запущена в эксплуатацию на ТЭЦ-4 (г. Уфа) энергоустановка ПВМ-2000-АГ мощностью 1400 кВт. Установка работает в жестких условиях на перегретом паре с высокими параметрами ( $P_{вх}=1,57$  МПа (абс),  $t_{вх}=305$  °С,  $P_{вых}=0,64$  МПа (абс)). Ее наработка в настоящее время составляет более 6000 ч, выработано 4 млн кВт•ч электроэнергии. В результате удельный расход топлива на отпуск электроэнергии для ТЭЦ снизился на 2 г.у.т./кВт•ч, расход электроэнергии на собственные нужды – с 8,5 до 7,9 %.

В настоящее время в Улан-Удэ в котельной авиазавода вводится в эксплуатацию установка ПВМ-1000-АГ мощностью 500 кВт. Особенность ее работы

заключается в том, что она находится в сильно запыленном помещении угольной котельной. Здесь потребовались мероприятия по защите электроники от угольной пыли.

Произведено и поставлено оборудование ПВМ-1000-АГ на животноводческий комплекс в пос. Чистогорский Кемеровской обл. Проект осуществляется в рамках областной программы энергосбережения и находится в стадии согласования в органах Ростехнадзора.

В процессе работы над вышеперечисленными ПВМ, которые перекрывают весь диапазон мощности 200–1500 кВт, была детально отработана конструкция машины и смежных систем, получено свыше 20 патентов.

### Экономическая эффективность

Предприятия, имеющие собственные котельные, обычно очень заинтересованы в приобретении эффективного и быстрокупающегося паросилового электрогенерирующего оборудования по следующим причинам:

1. Высокие цены на электроэнергию. Собственное производство электроэнергии в котельной приводит к некоторому увеличению расхода топлива, однако это окупается низкой стоимостью получаемой электроэнергии, обычно в 4–5 раз дешевле, чем сетевой.

2. Вероятность отключения электропитания, особенно для предприятий низкой категории. Этот фактор часто имеет не меньшее значение, чем экономия средств на оплату электроэнергии. При отключении энергии в зимнее время котельная останавливается и размораживается, поскольку все агрегаты собственных нужд работают от электропривода.

Расчет экономической эффективности применения ПВМ в котельной показывает, что удельный расход топлива на выработанную электроэнергию составляет 140–160 г.у.т./кВт•ч, что вдвое ниже, чем на крупных ТЭЦ. Срок окупаемости энергоустановки мощностью 800 кВт составляет 1,5–2 года. При повышении мощности эффективность энергоустановки с ПВМ еще более повышается.

## Годовой прирост – 115 миллионов кВт•ч

Одна из наиболее современных российских электростанций, расположенная в г. Шатуре Московской области, за первый год эксплуатации установила новые стандарты эффективности и производительности. По оценкам компании «Э.ОН Россия», владеющей Шатурской ГРЭС, производительность станции выросла на 115 млн кВт•ч в связи с расширением генерирующих мощностей электростанции в прошлом году. Тогда был введен парогазовый энергоблок на базе технологии комбинированного цикла GE 109FA, основой которой является высокоэффективная газовая турбина 9FA. Соглашение GE с Шатурой также включало поставку парогазовой турбины и генератора, утилизационного парогенератора и системы управления.

Эта первая электростанция на базе технологии комбинированного цикла

109FA, функционирующая в России. Данный проект был признан ООН первым российским проектом, получившим одобрение в рамках Киотского протокола. Новая электростанция была возведена на площадке в Шатуре, где электроэнергия производилась с середины 1920-х гг. Компании «Э.ОН Россия» и GE были удостоены государственной награды за применение лучших технологий при реализации проекта в Шатуре в декабре 2010 г.

Компания «Э.ОН Россия» также подписала с GE сервисный контракт на 12 лет (CSA) на обслуживание электростанции. Контракт включает поставку запчастей и сервисные работы по обслуживанию

газовых и паровых турбин и генераторов. Данные контракты структурированы таким образом, чтобы позволить заказчику иметь дело с предсказуемыми расходами на сервис оборудования.







Село Ванавара (Эвенкийский муниципальный район Красноярского края) расположено вдали от энергетических магистралей и требует автономного энергоснабжения. Эту задачу выполняет МП «Ванавараэнерго», обслуживающее пять нефтяных котельных и две дизельные электростанции. Сейчас по экономическим соображениям реализуется также проект мини-ТЭЦ на сырой нефти.

## Caterpillar: мини-ТЭЦ на сырой нефти

Г. Филиппов

### Целесообразность строительства

Село Ванавара, как и вся территория Красноярского края, находится под влиянием резко континентального климата, который выражается в сильных колебаниях температуры воздуха как в течение года, так и в течение суток (суточная амплитуда колебания составляет 10–20 °С). Климат характеризуется относительно коротким жарким летом и продолжительной холодной зимой (среднемесячная  $t$  в январе составляет –29,8 °С, абсолютная минимальная  $t$  = –61 °С).

Тарифы на тепло и электричество в поселке дотируются из бюджета, поскольку достаточно высоки для потребителя: так, в 2010 г. теплоэнергия для населения оплачивалась из расчета 1 032,65 руб./Гкал, электроэнергия – из

расчета 0,96 руб./кВт·ч. Тарифы для предприятий составляли, соответственно, 4 302,41 руб./Гкал и 20,74 руб./кВт·ч. При этом максимальная тепловая нагрузка в зимнее время составляет 15,01 Гкал/ч, электрическая – 3400 кВт. Для снижения тарифов и уменьшения объемов дотаций необходимо снижать себестоимость производимой тепло- и электроэнергии, что возможно только за счет использования местных видов топлива.

Основным топливом для котельных Ванавары является сырая (стабилизированная) нефть, которая доставляется с близлежащих Куюмбинского и Юрубченского нефтяных месторождений автомобильным транспортом, как и дизельное топливо для ДЭС. С 2007 г. стоимость сырой нефти для с. Ванавара выросла на 41,2 %, дизельного топлива –

на 34,8 %. Расходы на топливо в текущих эксплуатационных расходах энергохозяйства стали составлять порядка 50 % (в основном, из-за использования дорогого дизтоплива на ДЭС), поэтому возникла целесообразность строительства энергоэффективной мини-ТЭЦ на сырой нефти. За счет использования этого топлива, а также благодаря комбинированной выработке электроэнергии и тепла, повышенному КПД установок и малым затратам на их обслуживание стоимость получаемой электроэнергии должна существенно снизиться.

Для сооружения такой мини-ТЭЦ был выбран участок площадью 1,2 га, расположенный на расстоянии в 1500 м от магистральных сетей, в 300 м – от котельной № 1, в 400 м – от ДЭС-2 и в 300 м – от скважины водоснабжения.



Мини-ТЭЦ должна полностью обеспечить потребности поселка в электроэнергии (14 925 тыс. кВт•ч в год) и тепле (59,9 тыс. кВт•ч). В состав мини-ТЭЦ на нефти войдут четыре дизель-генераторные установки производства фирмы Caterpillar, несущие нагрузки по теплу 7,2 МВт (6,2 Гкал/ч) и электроэнергии 6,4 МВт. Установок такого плана, работающих на данном виде топлива, не так много, поэтому, проведя мониторинг рынка, специалисты «Ванавараэнерго» совместно с проектировщиком объекта, МПНУ «Энерготехмонтаж», остановились на фирме Caterpillar.

На площадке строительства мини-ТЭЦ разместятся:

- главный корпус с четырьмя дизель-генераторами, общестанционным оборудованием мини-ТЭЦ и четырьмя водогрейными котлами;
- дымовые трубы на каждую когенерационную установку, а на водогрейную котельную – одна дымовая труба с четырьмя стволами;
- трансформаторная подстанция;
- станция предварительной очистки питьевой воды от скважины;
- станция оборотного водоснабжения;
- расходная емкость нефти;
- насосная жидкого топлива (сырой нефти);
- станция очистки сбросных вод.

Станция будет самостоятельно обеспечивать себя теплом и электроэнергией. В здании главного корпуса будут обустроены: машинный зал, трансформаторная, помещение распределительного устройства, аккумуляторная, склад ЗИП, операторная, мастерская, кабинет начальника мини-ТЭЦ, помещение для приема пищи, душевые. Строительство здания мини-ТЭЦ предусматривается по современной схеме: сооружение металлического каркаса и его ограж-

дение из трехслойных сэндвич-панелей. Помещение машинного зала будет оборудовано приточной вентиляцией для подачи необходимого количества воздуха генераторным установкам. (Воздух для горения топлива поступает в двигатель из помещения машинного зала через воздухоочистители, затем, после сжатия в турбокомпрессоре, через промежуточный охладитель попадает в камеру сгорания двигателя.)

### **Рабочие характеристики основного оборудования**

Дизель-генераторы Caterpillar могут использовать сырую нефть в соответствии с требованиями LEBW4976, при этом нефть, которая применяется в качестве топлива, должна удовлетворять требованиям завода-изготовителя. Для ее подготовки до уровня, допустимого для использования в ДГУ, устраивается предварительный отстой в емкостях, рассчитанных на четырехсуточный запас работы. В них нефть нагревается до  $t = +38\text{ }^{\circ}\text{C}$  и отстаивается примерно 4 суток без пополнения. Дальнейший отстой происходит в помещении с температурой  $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; конечное же доведение промысловой нефти до уровня пригодного топлива осуществляется в системе сепарации и фильтрации. На Ванаваринской мини-ТЭЦ в качестве такой системы будет использована автоматизированная модульная установка на базе сдвоенного сепарационного модуля взрывобезопасного исполнения с подогревом. Управляться она будет традиционным PLC-контроллером Siemens S7 Simatic, обеспечивающим запуск и остановку системы, автоматическое управление производственным процессом и сигнализацию в случае системных ошибок и отклонения от заданных параметров.

Пневмостартерная система запуска ДГУ Caterpillar рассчитана на суровые условия эксплуатации. Она включает два компрессора (рабочий и резервный) с электроприводом и воздушными ресиверами хранения сжатого воздуха объемом 350 л и рабочим давлением 30 бар. Система пневмопуска гарантированно обеспечивает до 5 попыток запуска дизель-генераторов. Пуск и остановка двигателей Caterpillar производятся на дизельном топливе; при запуске, как толь-

ко генератор достигает требуемых параметров, осуществляется автоматический перевод на использование нефти.

Перед пуском необходима предварительная прокачка маслом, за которую отвечает система предпусковой смазки, включающая органы управления пуском, насос с приводом от электродвигателя, обратный клапан и масляные трубопроводы. На ДГУ Caterpillar эта система увязана в единый масляный контур, куда входят масляный насос, сапун картера, маслоохладитель, двойной масляный фильтр, центробежные масляные фильтры и масляный поддон с клапаном слива масла в передней части. Система обеспечивает постоянную подачу очищенного масла в двигатель при температуре  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении 430 кПа. Замена масляных фильтров, как и очистка центробежных фильтров, может осуществляться во время работы двигателя.

На генераторах Caterpillar вырабатываемая электроэнергия с выводов генератора передается в распределительное устройство (РУ) 10,5 кВ. Тепловая энергия для нужд отопления вырабатывается как за счет утилизации тепла при работе двигателя (примерно 570 кВт поступлений от системы охлаждения в зависимости от режима работы генератора), так и за счет отбора тепла у выхлопных газов (примерно 1050 кВт). Глушитель отработанных газов обеспечивает затухание звука 25 дБ(А).

Управление ДГУ, вспомогательными системами и устройствами будет осуществляться автоматизированной системой управления технологическими процессами фирмы Terberg, имеющей трехуровневую архитектуру с использованием средств и систем локальной автоматизации, программируемых контроллеров и персональных компьютеров. Система будет отвечать за прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций, создание и ведение архивов эксплуатационных параметров. Для реализации алгоритмов управления отдельными силовыми установками будут использованы шкафы управления Engine Control System, для общестанционного управления – панель Master panel, с помощью которой технический персонал будет круглосуточно получать оперативные сводки и всю необходимую технологическую информацию.





## Новая электростанция на метане угольных шахт

28 ноября 2011 г. ТОО «Промэлектроника-К», дочерняя компания ЗАО «ИНТМА», являющаяся официальным дистрибьютором и сервис-партнером GE Jenbacher GasEngines в Казахстане, запустила в эксплуатацию первую в Казахстане газопоршневую электростанцию, работающую на шахтном газе шахты им. Ленина, для компании «Арселор Миттал Темиртау» в окрестностях г. Темиртау.

Впервые в истории Казахстана опасный газ метан, сопутствующий добыче угля при разработке угольных шахт, используется для выработки электрической энергии и обеспечения потребностей в энергии самой шахты. Газопоршневая электростанция GE Jenbacher, утилизируя шахтный газ, вносит ощутимый вклад в решение экологических задач, поскольку негативный экологический эффект 1 м<sup>3</sup> шахтного метана, выбрасываемого в атмосферу, эквивалентен 21 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. Таким образом, «в пересчете» на двуокись углерода газопоршневая электростанция GE Jenbacher позволит сократить выбросы в объеме 55 000 т CO<sub>2</sub> в год.

Компания ТОО «Промэлектроника-К» выступила генеральным проектировщиком, поставила основное генерирующее оборудование и выполнила пусконаладочные работы в пилотном проекте, предусматривающем установку опытной газопоршневой электростанции JGC 420 электрической мощностью 1413 кВт в контейнерном исполнении. Источником газа служит система дегазации шахты им. Ленина, использующая ротационные насосы для извлечения шахтного газа с концентрацией метана 40–55 %. Этот газ с давлением всего 150 мбар после газоподготовки, предусматривающей уменьшение температуры и влажности, а также снижение содержания угольной пыли в

топливном газе, поступает в качестве топлива непосредственно в газопоршневую электростанцию. Специальная версия двигателя B105, адаптированная для работы на шахтном газе с низкой концентрацией метана (минимальная концентрация метана может составлять 25 %), совместно с системой управления двигателем Leanox, обеспечивают стабильную работу двигателя при низких и изменяющихся концентрациях метана в топливном газе.

Электростанция работает в режиме «параллельно с сетью». Электроэнергия через комплектную трансформаторную подстанцию 0,4/6,3 кВ поступает на подстанцию «Олимпийская» и служит для замещения мощности, потребляемой от сети на собственные нужды шахты им. Ленина.

Проект, разработанный ТОО «Промэлектроника-К», прошел необходимые процедуры согласования стандартам безопасности и получил положительное заключение регулирующих органов в соответствии с законодательством Республики Казахстан. Работы по сборке и подготовке контейнера с ГПУ к работе заняли одну неделю. Пусконаладочные работы, выполнявшиеся компанией ТОО «Промэлектроника-К», заняли 3 дня. Газопоршневая электростанция была запущена в работу при рабочем диапазоне концентраций метана 43–53 % и вышла на номинальную мощность 1413 кВт, полностью подтвердив заявленные технические параметры.





# Siemens и «Силмаш» создают СП по производству газовых турбин

**В** конце прошлого года Российский машиностроительный концерн «Силловые машины» и немецкий Siemens AG подписали соглашение о создании совместного предприятия по производству высокоэффективных газовых турбин в РФ. Доля Siemens в СП составляет 65 %, 35 % принадлежит ОАО «Силловые машины». Проект получил одобрение Федеральной антимонопольной службы России, антимонопольного комитета Украины, антитрастовых органов Германии и Австрии.


Компания создается на базе ООО «Интертурбо», которое является совместным предприятием партнеров с 1991 г. Впоследствии компания будет переименована в ООО «Сименс Технологии

Газовых Турбин» (Siemens Gas Turbine Technologies), и ее деятельность существенно расширится. Компания будет заниматься научно-исследовательской разработкой новых газовых турбин, локализацией производства в России, сборкой, продажей, управлением проектами и сервисным обслуживанием газовых турбин.

На первом этапе стороны договорились о сохранении производственных мощностей действующего ООО «Интертурбо». Это позволит производить газовые турбины Е и F классов мощностью от 168 до 292 МВт. В дальнейшем планируется строительство нового производственного комплекса мирового класса по производству и сервисному обслуживанию высокоэффективных газовых


турбин, который начнет работу в 2014 г. Данный проект отвечает решению задачи комплексной модернизации российских электростанций на основе самых прогрессивных и инновационных технологий. Потенциальными потребителями продукции СП являются производители электроэнергии в России и странах СНГ.

Концерн Siemens недавно открыл новое газотурбинное производство в Шарлотте (Северная Каролина, США), в дополнение к существующему в Берлине. Создание производства в России является частью инвестиционной программы Siemens, согласно которой компания намерена инвестировать 1 млрд евро в локализационные проекты с созданием 4000 рабочих мест.



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОТОПЛЕНИИ

**КОТЛЫ    ГОРЕЛКИ    КОТЕЛЬНЫЕ \***



*\* Товар сертифицирован*

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@belgits.ru, www.zao-belogorye.ru



# Энергоустановки на топливных элементах в системе распределенной энергетики

В. Гребенщиков, к.т.н.

В «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики России до 2020 г. с учетом перспективы до 2030 г.» записано: «... Повышение экономической и энергетической эффективности электроэнергетики, ее надежности, невозможно без оптимального сочетания развития крупных базисных электростанций с масштабным развитием распределенной генерации».

Объектам распределенной генерации обычно относят источники генерирующей мощности до 25 МВт, расположенные в непосредственной близости от потребителей и выдающие мощность в распределительную сеть. В качестве первичной энергии используются, как правило, природный газ (ГТУ-ТЭЦ, ГПУ-ТЭЦ), возобновляемые источники энергии (ВИЭ), а также топливные элементы (ТЭ).

Главными факторами, стимулирующими развитие распределенной генерации, являются:

- повышение надежности электро- и теплоснабжения в условиях рыночной неопределенности;
- отсутствие затрат на сооружение линий электропередач и подстанций;
- повышение защищенности от рисков, связанных с колебанием цен;
- ужесточение экологических требований.

В последние годы растет интерес к топливным элементам, которые отличаются высокой надежностью и лишены недостатков, свойственных ветрогенераторам и солнечным установкам (безветрие или ураганные ветры, темное время суток и т.д.).

Топливные элементы – это электрохимические генераторы, которые преобразуют химическую энергию в электрическую. При этом отпадает необходимость

в организации процесса горения, превращения тепловой энергии в механическую, а механической – в электрическую. В топливных элементах электроэнергия образуется вследствие химической реакции между восстановителем и окислителем, которые непрерывно поступают к электродам. Чаще всего в качестве восстановителя используется водород, а окислитель – это чистый кислород или воздух. Совокупность батареи топливных элементов и устройств для подачи реагентов, а также для отвода продук-

тов реакции и тепла представляет собой электрохимический генератор.

На рынке в настоящее время присутствуют топливные элементы разного типа. В 90-х гг. в США, например, доминировал один изготовитель – ONSI Corp. (Южный Виндзор, штат Коннектикут). Он выпускал фосфорно-кислотные топливные элементы, отличавшиеся высокими эксплуатационными характеристиками. Например, серийная установка РС 25 мощностью 200 кВт имела коэффициент готовности 96 %, а среднюю наработку на отказ – 2,5 тыс. ч.

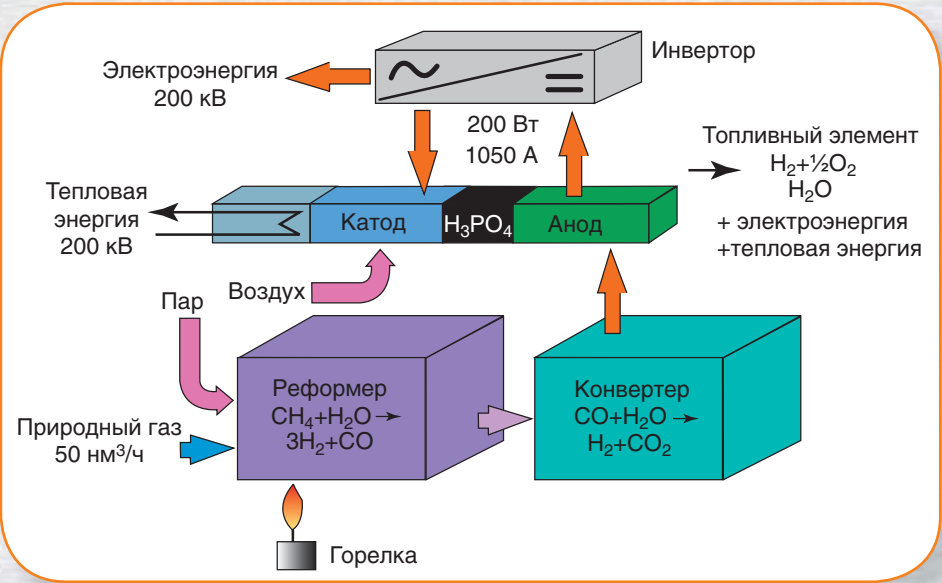


Рис. 1. Принципиальная схема топливного элемента



В ФРГ на начало 2001 г. уже работало 13 установок ONSI PC 25 мощностью по 200 кВт. В те же годы в ФРГ работал ряд демонстрационных установок на топливных элементах, в том числе – две установки с протонно-обменной мембраной (опытная на 3 кВт, изготовленная American Power Corp., и мощностью 250 кВт, изготовленная Alstom-Ballardi). Испытывались также топливные элементы на расплавленных карбонатах мощностью 280 кВт (фирма MTU HM – ERC) и три установки на твердооксидных топливных элементах мощностью 1 кВт производства Sulzer Hexis.

Позже широкую известность приобрел топливный элемент с фосфорной кислотой марки PAFC. Такие установки имели КПД по выработке только электроэнергии до 40 %, а при полной утилизации выделенного тепла – 85 %. Электролит этого топливного элемента представлял собой жидкую фосфорную кислоту, пропитывающую карбид кремния, связанный тефлоном. Рабочая температура составляла 175–200 °С. На рис. 1 показана схема такого топливного элемента мощностью 200 кВт.

В реформере взаимодействие природного газа и пара приводит к появлению водорода  $H_2$  и монооксида углерода  $CO$ , который в конвертере доокисляется до диоксида углерода  $CO_2$ . Пакет элемента снабжен двумя графитовыми пористыми электродами и ортофосфорной кислотой в качестве электролита. Электроды покрыты платиновым катализатором. На аноде молекулы водорода под влиянием катализатора диссоциируют на ионы  $H$ . Освобожденные в этой реакции электроны направляются к катоду и реагируют с ионами водорода, диффундирующими через электролит, и с ионами кислорода, которые образуются в результате каталитической реакции окисления кислорода воздуха на катод, образуя в конечном итоге воду.

Многие производители считают, что наиболее перспективный топливный элемент – SOFC. Это твердооксидный топливный элемент, использующий любое газообразное топливо. Его рабочая температура достигает 980–1000 °С, электролит – твердый цирконий, стабилизированный иттрием. КПД по отпуску электроэнергии

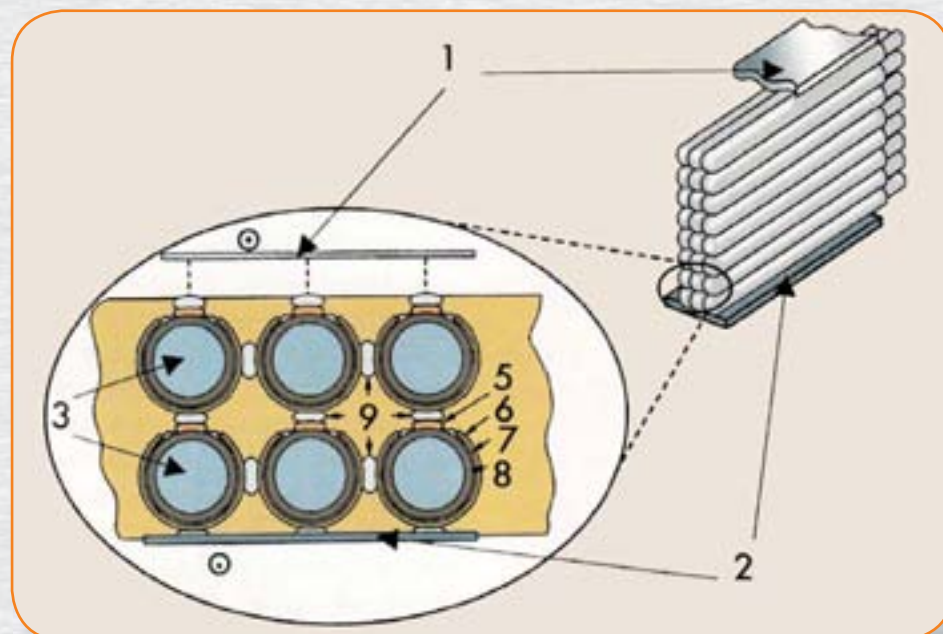


Рис. 2. Конфигурация батареи SOFC фирмы Siemens Westinghouse Power Corporation: 1 – катодная шина; 2 – анодная шина; 3 – воздух; 4 – топливо; 5 – соединитель единичных SOFC; 6 – топливный электрод; 7 – электролит; 8 – воздушный электрод; 9 – никелевая подушка

составляет 50–55 %, а при использовании в установках комбинированного цикла – до 65 %. Европейское подразделение американской компании Siemens Westinghouse Power Corporation (SWP – Германия) поставляет на рынок батарею SOFC из 24-х элементов (рис. 2).

Такая батарея является основой электрохимического генератора, работающего на природном газе. Первые установки такого типа, освоенные еще в 80-х гг. прошлого столетия, имели мощность всего 400 Вт, но уже через несколько лет их мощность увеличилась до 100 кВт, а период эксплуатации при допустимом падении мощности составил 40 тыс. ч.

Помимо высокой надежности, достоинством топливных элементов является удобство их использования как распределенных источников энергии, что обусловлено их модульной конструкцией. Теоретически можно соединить последовательно любое количество отдельных элементов с образованием батареи, обеспечивающей нужную мощность. При этом даже для установок мощностью всего лишь в несколько сот кВт удается сохранить высокий КПД во всем диапазоне нагрузок. Это выгодно отличает их от

ГТУ и двигателей внутреннего сгорания, КПД которых с уменьшением номинальной мощности быстро снижается.

Постепенно установки с топливными элементами начали использовать в коммерческих целях. Компания Fuel Cell Energy (США) поставила установку типа MCFC для госпиталя Bad Neustadt в ФРГ. Эта установка, в сочетании с энергогенератором Hot Module (рис. 3), вырабатывает 300 кВт электроэнергии и обеспечивает теплоснабжение госпиталя (рабочая температура газа в топливном элементе – 600 °С). Трехлетнее наблюдение за работой этой установки показало: КПД по отпуску электроэнергии составляет около 50 %, выработка электроэнергии – 2500 МВт·ч.

Другая установка работает в ФРГ еще с конца 1999 г. в университете Bielefeld. Она имеет электрическую мощность 250 кВт с КПД по электроэнергии 47 %. Тепловая мощность (еще 250 кВт) выдается в виде горячего пара.

Американская компания Siemens Westinghouse поставила установку на описанных выше высокотемпературных твердооксидных топливных элементах типа SOFC мощностью 100 кВт для груп-





Рис. 3. Автономная система тепло- и электроснабжения на базе энергогенератора Hot Module

пы EDB/Elsam (Дания и Нидерланды). После эксплуатационных испытаний в течение 4000 ч была выполнена реконструкция отдельных узлов, затем эксплуатация была продолжена. Осмотр после 16 612 ч показал, что топливные элементы не имеют признаков деградации.

Компания Sulzer, разрабатывающая твердооксидные топливные элементы типа Hexis, начала коммерческую поставку домашних энергоустановок мощностью 1 и 2,5 кВт. Эти установки с успехом используются с обычной отопительной системой. Их КПД по отпуску электроэнергии составляет 25–30 %, общий КПД (за счет использования тепла) – 85 %.

В германоязычной Европе (Германия, Австрия, Швейцария) уже несколько сотен установок Hexis работают с начала века, а в 2005 г. начались коммерческие поставки таких же установок в США. Их начальная цена в те годы составляла 1500 долл. за 1 кВт мощности.

Главным элементом установок Hexis является циркониевый керамический электролит, разделяющий химические реагенты. Тонкая газоплотная перегородка пропускает ионы  $O^{2-}$ , которые реагируют за перегородкой с ионами водорода  $H^+$ . Реакция происходит при температуре 700–1000 °C, а отходящее тепло подает-

ся в реформер. Длительные испытания топливных элементов такого типа показали их надежность. Каждый топливный элемент представлял собой цилиндр диаметром 120 мм, высотой 518 мм и имел 70 отдельных ячеек с полной рабочей поверхностью 0,7 м<sup>2</sup>. Рабочая  $t$  достигала 950 °C, напряжение – 39 В, сила тока – 27 А, электрическая мощность – 1053 Вт.

Для более крупных потребителей компания International Fuel Cells (США) разработала энергоустановку, состоящую из пяти модулей топливных элементов мощностью по 200 кВт каждый. Первая из таких установок была заказана энергокомпанией Chugach Electric (Аляска) для обслуживания почтового предприятия. В этой установке были использованы упомянутые ранее топливные элементы с фосфорной кислотой типа PC 25. Параметры топливных элементов следующие: мощность – 200 кВт, 235 кВт, напряжение

на выходе – 480/277 В при частоте 60 Гц, потребление природного газа, реформирующегося в водород, – 59,4 м<sup>3</sup>/ч, общий КПД установки – 87 % (по электрической нагрузке – 37, и по тепловой – 50 %). Установка обеспечивает выход тепла 264 кВт (227 Мкал/ч) при  $t=60$  °C.

Важным достоинством этой установки являются ее экологические характеристики. Выбросы в атмосферу токсичных компонентов CO и NO<sub>x</sub> находятся на уровне 1 ppm (см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>), а уровень звука при работе установки – 60 дБ (А) на расстоянии 9 м. Размеры одного модуля – 3×3×5,5 м, масса – 771 кг. Расчетный коэффициент готовности – 99,999 %, что эквивалентно одному выходу из строя на 1 минуту при работе в течение трех лет. За первый год эксплуатации установка выработала 6000 МВт·ч электроэнергии. При этом переключение с автономной работы на параллельную с сетью занимает миллисекунды.

Другой тип топливных элементов (PEMFC, на протонно-обменных мембранах) используется на установке, изготовленной компанией Ballard Generation System для лаборатории связи NTT в Японии. Мощность установки – 250 кВт, КПД – выше 40 %. Такие установки работают при низкой температуре (обеспечивает низкие выбросы NO<sub>x</sub>), быстро включаются и выключаются, что делает их привлекательными для распределенной энергетики и транспорта.



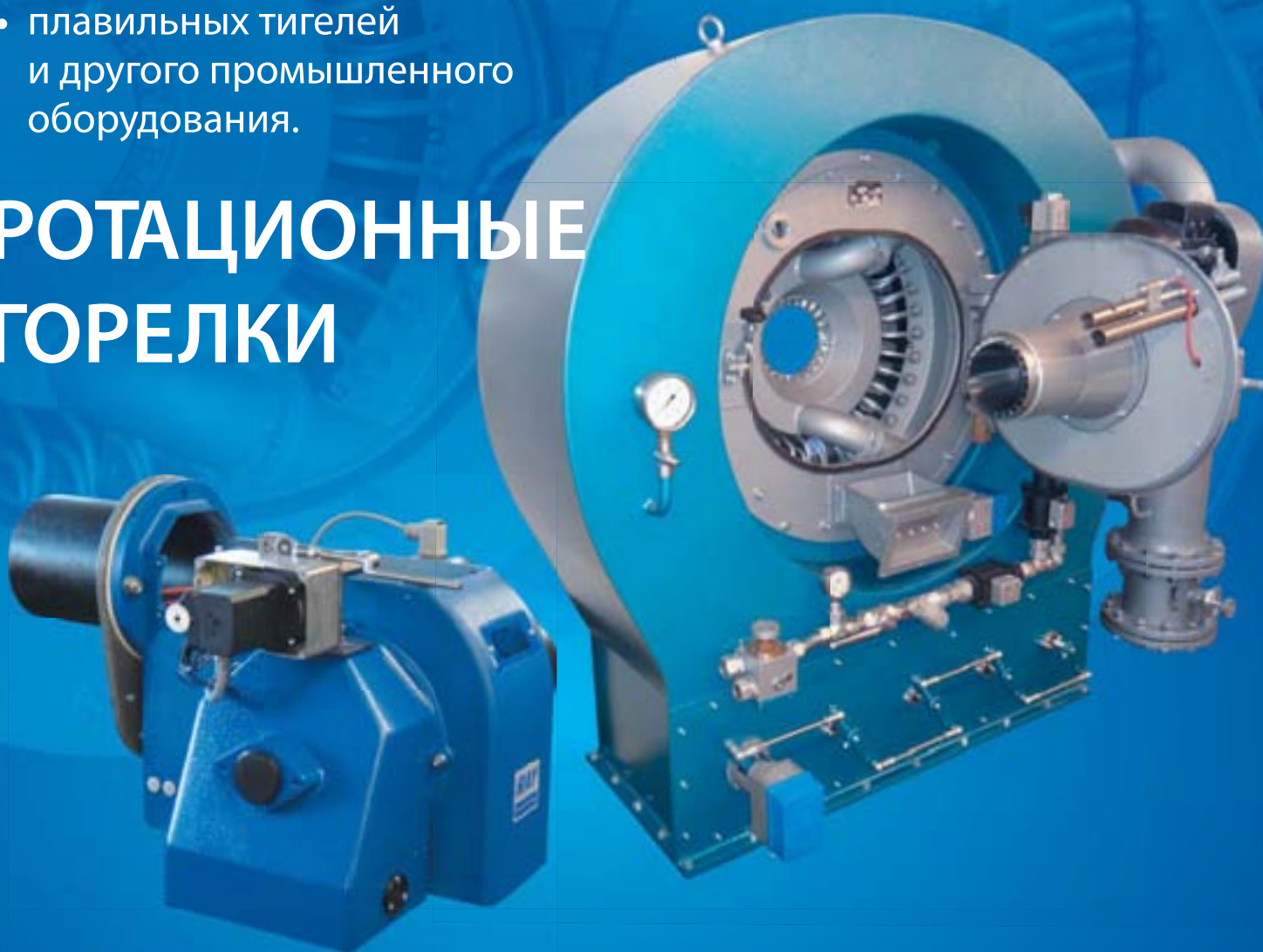


## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГОРЕЛКИ

от 10 кВт до 30 МВт для:

- водогрейных и паровых котлов;
- промышленных теплогенераторов;
- туннельных и сушильных печей;
- плавильных тиглей  
и другого промышленного  
оборудования.

## РОТАЦИОННЫЕ ГОРЕЛКИ



Реклама

**ЭнергоГаз**  
инжиниринг

Продукция компании RAY International представлена:

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»

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

тел./факс: (495) 980-61-77

[energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su)

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



# Чугунные котлы средней и высокой мощности

*Современные чугунные водогрейные котлы являются оптимальным решением выработки тепла при создании котельных средней и высокой мощности. Их отличают относительно невысокая стоимость, простота конструкции, высокая ремонтопригодность и коррозионная стойкость. Поскольку чугун в три-четыре раза устойчивее к коррозии, чем сталь, срок эксплуатации чугунного котла может составить 15–20 и даже 30 лет.*

Сегодня на российском рынке представлено большое количество моделей чугунных котлов с мощностью от нескольких сот кВт до нескольких МВт. Объединяя такие котлы в каскады из 2-х, 3-х, 4-х или более моделей, можно создавать котельные для теплоснабжения самых различных коммунальных и промышленных объектов. Мощность такой котельной можно увеличивать и уменьшать путем включения-выключения одного или нескольких котлов каскада. Это может оказаться чрезвычайно полезным, если потребление тепла изменяется в достаточно широком диапазоне. При выходе из строя одного из котлов замена агрегата возможна без остановки работы котельной. Наряду с этим, секционные теплообменники позволяют изменять мощность одной и той же модели котлов за счет увеличения-уменьшения количества секций. Можно легко проводить замену разрушенных или засорившихся секций теплообменника, а сам котел – транспортировать в разобранном виде для сборки непосредственно на месте установки.

Чугунные котлы оснащают атмосферными или вентиляторными (наддувными) горелками. В первом случае котел будет работать на природном или (после незначительной перенастройки) на сжиженном газе. Котлы с вентиляторными горелками могут работать на газе и/или на жидком топливе. Атмосферными горелками котлы оборудуются на заводе, а вентиляторную горелку владельцу котла придется приобрести и настраивать отдельно. Чугунные котлы с атмосферной горелкой выполняются одноходовыми, а с вентиляторной – двух-, трех- или четырехходовыми. Это позволяет увеличить КПД котла и

уменьшить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Данный обзор посвящен чугунным водогрейным котлам средней и высокой мощности, включая модели мощностью выше 100 кВт, которые представлены на российском рынке.

## Alphatherm



Группа компаний «Аякс» предлагает одноконтурные чугунные котлы Delta ATE европейской торговой марки Alphatherm. Серия включает 8 моделей мощностью от 64,6 до 178,9 кВт и максимальным давлением 5 бар. Котлы оснащены атмосферной горелкой.

## BAXI

Компания BAXI Group, в 2009 г. вошедшая в международный концерн BDR Thermea, поставляет в Россию одноконтурный котел Slim HP, который оснащен теплообменником из эвтектического чугуна

и двухступенчатой атмосферной горелкой, перенастраиваемой на сжиженный газ. Серия включает три типоразмера. Мощность котла составляет от 82,2 до 115,9 кВт, рабочее давление – 5 бар. Опционально на него можно установить автоматику для каскадного и погодозависимого управления.

## Beretta

Концерн Riello (Италия) предлагает на российском рынке одноконтурные котлы торговой марки Beretta серии Novella Maxima, которые оснащаются двухступенчатыми атмосферными горелками с возможностью перенастройки на сжиженный газ. Серия включает 6 типоразмеров мощностью от 87 до 279 кВт и давлением 6 бар. Модели на 174, 209, 244, 279 кВт оборудуются двумя теплообменниками, каждый из которых работает в паре с отдельной горелкой. Используя дополнительный электронный блок, котлы можно объединять в каскад до 4 агрегатов и управлять их работой с учетом погодных условий.

Также предлагаются трехходовые напольные котлы Verona, которые оборудуются одно- или двухступенчатыми вентиляторными горелками, работающими на различных видах топлива: газ, дизельное топливо, газ и дизельное топливо (двухтопливные). Серия включает 8 типоразмеров мощностью от 86 до 222 кВт и давлением 4 бара.

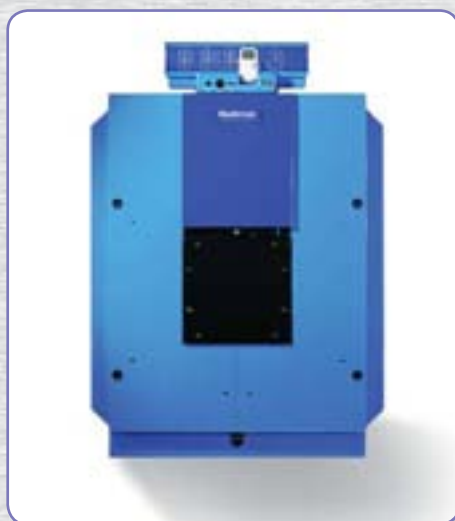
## Biasi

Компания Biasi (Италия) предлагает трехходовые одноконтурные чугунные котлы B40 R мощностью от 76,4 до 172,4 кВт (5 типоразмеров), предназначенные для работы со сменными вентиляторными



жидкотопливными или газовыми горелками в каскадах до четырех агрегатов. Также предлагаются котлы серии Super Kappa мощностью от 69,6 до 185,5 кВт (8 типоразмеров), оборудованные двухступенчатыми атмосферными горелками. Максимальное давление для котлов B40 R составляет 5 бар, для Super Kappa – 4 бара.

### Buderus



Компания «Будерус Отопительная техника», с января 2012 г. переименованная в ООО «Бош Термотехника» в связи с реструктуризацией дивизиона Bosch Thermotechnology (бренды Bosch и Buderus), предлагает котлы серий Logano GE315, GE515 и GE615, предназначенные для работы со сменными горелками, использующими дизельное топливо, природный, сжиженный или биохимический газ, рапсовое масло. Агрегаты оснащены трехходовыми чугунными теплообменниками. Серия Logano GE315 включает 5 моделей мощностью от 105 до 230 кВт, серия Logano GE515 – 6 моделей от 240 до 510 кВт, серия Logano GE615 – 8 моделей от 570 до 1200 кВт. Котлы серий Logano G334WS и GE434 оборудуются двухступенчатыми атмосферными горелками с предварительным смешиванием (перенастраиваются на сжиженный газ). Серия Logano G334WS включает 8 моделей мощностью от 73 до 270 кВт. Модели мощностью от 73 до 135 кВт оснащены одним теплообменником, от 146 до 270 кВт – двумя (четырехступенчатое ре-

гулирование). Серия Logano GE434 включает 10 моделей мощностью от 150 до 375 кВт. При необходимости на их базе можно собрать котельную установку из двух котлов мощностью 300 до 750 кВт с общим соединительным трактом для дымовых газов. К котлам Buderus можно подключать несколько видов панелей управления, обеспечивающих различные режимы работы агрегата: погодозависимое регулирование, управление работой нескольких контуров, управление подготовкой ГВС. Максимальное рабочее давление для котлов Logano GE315, GE515, GE615 и GE434 составляет 6 бар, а для котла Logano G334WS – 4 бара.

### СТС

Компания СТС-Beneton (Швеция), входящая в состав концерна Enertech Group, предлагает котлы серии Digas, оборудованные атмосферной газовой горелкой и двумя чугунными теплообменниками. Серия включает 5 типоразмеров максимальной полезной мощностью от 80 до 130 кВт. Также СТС-Beneton поставляет в Россию котлы Wirbex 100-200, оборудованные чугунным трехходовым теплообменником и рассчитанные на работу с газовыми и жидкотопливными горелками. Серия включает 6 типоразмеров мощностью от 112 до 224 кВт.

### Chappee

Компания Chappee, входящая в состав BAXI Group, поставляет в Россию чугунные котлы Edena 3 Progress (3 модели) максимальной полезной мощностью от 82,8 до 115,9 кВт и Edena 4 Progress (8 моделей) мощностью от 132,5 до 347,8 кВт. Котлы оснащаются двухступенчатой атмосферной газовой горелкой с возможностью перевода на сжиженный газ. Также компания выпускает котлы NXR 3 (6 моделей) полезной мощностью от 90 до 290 кВт и NXR 4 (9 моделей) мощностью от 320 до 800 кВт, оснащенные четырехходовыми теплообменниками из эвтектического чугуна и рассчитанные на работу с газовыми или жидкотопливными вентиляторными горелками. К котлам Шарпее можно подключать несколько типов панелей управления, в том числе и для объединения котлов в каскад, для погодозависимого управления и др. Максималь-

ное давление для котлов Edena составляет 5 бар, для котлов NXR – 6 бар.

### De Dietrich



Компания De Dietrich (Франция), входящая в международный концерн BDR Thermea, предлагает чугунные секционные котлы серии DTG 230 (9 моделей мощностью от 45 до 117 кВт) и DTG 330 (9 моделей от 126 до 380 кВт), которые оснащаются стандартной атмосферной горелкой модели S или двухступенчатой горелкой предварительного смешения. Также в ассортименте имеются низкотемпературные котлы серий GT 330 (6 моделей мощностью от 105 до 330 кВт) и GT 430 (7 моделей от 357 до 729 кВт) с трехходовым и серия GT 530 (17 моделей от 522 до 1365 кВт) с четырехходовым теплообменником, работающие с вентиляторными жидкотопливными или газовыми горелками. К котлам серий DTG и GT можно подключать различные панели управления, в том числе и систему, позволяющую создавать каскады до 10-ти агрегатов, управлять несколькими отопительными контурами, контуром ГВС и др. Номинальное давление котлов De Dietrich составляет 6 бар.

### Elektrolux

Концерн Electrolux (Швеция) поставляет в Россию промышленные газовые котлы FSB iN с чугунным теплообменником и двухступенчатой атмосферной горелкой, которая может быть перенастроена на сжиженный газ. Серия включает 8 типоразмеров мощностью от 64,6 до 178,9 кВт и максимальным давлением 5 бар. Встро-



енный электронный блок позволяет осуществлять погодозависимое управление.

## Ferrolі



Компания Ferrolі (Италия) предлагает чугунные котлы Pegasus 2S (5 моделей мощностью от 67 до 107 кВт) и Pegasus F3 N 2S (8 моделей от 119 до 289 кВт), которые оснащаются атмосферной двухступенчатой горелкой с возможностью перенастройки на сжиженный газ. Также в ассортименте имеются котлы серий GN2 (9 моделей мощностью от 107 до 252 кВт) и GN4 (8 моделей от 200 до 650 кВт), оснащенные трехходовыми чугунными теплообменниками и предназначенные для работы с вентиляторными горелками, работающими на дизельном топливе, двухступенчатыми или модулируемыми газовыми горелками. Чугунные котлы Ferrolі оснащены блоком каскадного регулирования и имеют номинальное давление 4 бар.

## Lamborghini

Компания Lamborghini Calor (Италия) поставляет в Россию чугунные газовые котлы серии Gaster, которые оснащены двухступенчатой атмосферной горелкой, перенастраиваемой на сжиженный газ, и системой электронного розжига. Серия включает 12 типоразмеров мощностью от 52 до 289 кВт с номинальным давлением 6 бар.

## Mora

Компания Mora (Чехия) предлагает в России чугунные котлы серии Elite W HE (4 модели мощностью от 64 до 120 кВт), оснащенные двухступенчатой атмосферной

горелкой, работающей на природном газе или пропане. Также поставляются котлы серии Elite VL (18 моделей мощностью от 25 до 550 кВт), работающие в низкотемпературном режиме, которые оснащаются одно- или двухступенчатыми вентиляторными газовыми или жидкотопливными горелками. Чугунные котлы Mora оснащены блоком каскадного регулирования и имеют номинальное давление 4 бар.

## Protherm

Компания Protherm (Чехия), входящая в состав немецкого концерна Vaillant Group, представляет серию одноконтурных напольных котлов «Гризли» KLO с двухходовым чугунным теплообменником и двухступенчатой атмосферной горелкой, при необходимости перенастраиваемой на сжиженный газ. Серия включает 5 типоразмеров мощностью от 65 до 150 кВт. При необходимости котлы могут объединяться в каскады до 16 агрегатов. Максимальное рабочее давление составляет 4 бар.

## Sime



Группа компаний Sime (Италия) предлагает чугунные котлы средней мощности серий RMG (5 моделей мощностью от 70 до 107,9 кВт) и RS (8 моделей от 129 до 279 кВт), которые оснащаются двухступенчатыми атмосферными горелками с возможностью перенастройки на сжиженный газ. Также в ассортименте имеются одноконтурные котлы Sime 2R (10 моделей

мощностью от 100,6 до 266,9 кВт), рассчитанные на работу со съемными газовыми и жидкотопливными горелками. Чугунные котлы Sime могут объединяться в каскады до 16 агрегатов, имеют подключаемую погодозависимую автоматику. Номинальное давление для моделей RMG составляет 4 бара, RS и 2R – 5 бар.

## Vaillant

Концерн Vaillant Group (Германия) в нише чугунных секционных котлов средней мощности предлагает котлы серии atmoCRAFT (8 моделей мощностью от 65 до 157 кВт), оснащенные двухступенчатой атмосферной газовой горелкой, и низкотемпературные трехходовые котлы серии GP (7 моделей мощностью от 77 до 191 кВт), рассчитанные на работу с двухступенчатыми жидкотопливными и газовыми вентиляторными горелками. Электронная система котлов Vaillant позволяет осуществлять погодозависимое управление и объединять котлы в каскад. Номинальное давление составляет 3 бара.

## Viessmann



Компания Viessmann (Германия) предлагает в России низкотемпературные напольные газовые котлы серии Vitogas 100-F (12 типоразмеров мощностью от 29 до 140 кВт), оснащаемые атмосферной горелкой предварительного смешивания, работающей на природном или сжижен-



ном газе. Также в ассортименте имеются низкотемпературные чугунные трехходовые котлы Vitorond 200 (16 типоразмеров мощностью от 125 до 1080 кВт), оснащаемые вентиляторными горелками, работающими на жидком и газообразном топливе. Электронные панели, подключаемые к котлам Viessmann, позволяют осуществлять погодозависимое, каскадное, дистанционное управление, работать с большим количеством отопительных контуров, а также дистанционно контролировать работу котлов. Номинальное давление для котлов Viessmann составляет 6 бар.

### Viadrus



Компания Viadrus (Чехия) поставляет в Россию четыре серии котлов средней и большой мощности. Это серии G 90 (4 модели мощностью от 64 до 120 кВт) и G 100 (4 модели мощностью от 160 до 250 кВт), оснащаемые атмосферной горелкой, и котлы серий G 300 и G 700, которые рассчитаны на сменные вентиляторные горелки, работающие на природном газе, дизельном топливе и легком жидком топливе. Серия G 300 включает 10 моделей мощностью от 103 до 310 кВт, серия G 700 – 6 моделей от 330 до 750 кВт. Чугунные котлы Viadrus оборудуют системами электронного розжига, блоками каскадного и погодозависимого управления. Номинальное давление составляет 4 бара.

### Wester Heating

Компания Wester Heating (Великобритания) предлагает серию одноконтурных чугунных газовых котлов Wester Heating Gross WG, включающую 13 типоразмеров мощностью от 70,1 до 279,1 кВт. Котлы комплектуются атмосферной горелкой и системой электронного розжига, опционально – блоком для управления каскадом из четырех агрегатов. Номинальное давление составляет 5 бар.

### Wolf



Концерн Wolf (Германия) поставляет в Россию несколько серий чугунных котлов средней и большой мощности. Серия низкотемпературных котлов Wolf NG-31E (3 типоразмера мощностью от 70 до 110 кВт) оснащается двухступенчатой атмосферной горелкой, имеет четырехступенчатое регулирование мощности. Котлы могут выпускаться в конфигурации Wolf NG-31ED, когда два котла NG-31E соединены одним дымоходом (соответственно, диапазон мощностей возрастает от 140 до 220 кВт). Также предлагаются серии низкотемпературных котлов Wolf MK-1 (6 типоразмеров мощностью от 100 до 300 кВт) и Wolf MK-2 (9 типоразмеров – от 320 до 1017 кВт), предназначенные для работы со сменными жидкотопливными и газовыми вентиляторными горелками. К чугунным котлам Wolf можно подключать электронные блоки каскадного и погодозависимого управления. Номинальное давление для котлов Wolf MK-1 и Wolf NG-31E составляет 4 бар, для котлов Wolf MK-2 – 6 бар.

### ОАО «Чугонолитейный завод БКМЗ»

Борисоглебский котельно-механический завод (Воронежская обл.) выпускает газовые чугунные котлы «Скиф» (БКМЗ-100), твердотопливные чугунные котлы КЧВр «Универсал-5М» и котлы КЧВа-0,25 Гн «Универсал-5М». Серия КЧВр «Универсал-5М» включает 7 моделей, оснащенных ручной топкой с колосниками. При сжигании сортированного антрацита котлы могут работать с полезной мощностью от 240 до 670 кВт. Мощность котла КЧВа-0,25 Гн «Универсал-5М» составляет 250 кВт и регулируется по трем ступеням. Агрегат комплектуется газовой или жидкотопливной горелкой. Серия «Скиф» (БКМЗ-100) включает 5 типоразмеров мощностью от 44,5 до 150 кВт. Котлы оснащаются двухступенчатой атмосферной горелкой с предварительным смешиванием, которую можно легко перевести с природного газа на сжиженный, опционально комплектуются электронным блоком каскадно-



го, погодозависимого и дистанционного управления. Номинальное давление для котлов котлы КЧВа-0,25 Гн «Универсал-5М» составляет 6 бар, для котлов КЧВр «Универсал-5М» – 7 бар, для котлов «Скиф» – 4 бара.

Обзор подготовил Д. Строганов.





Стремление экономить материалы и топливо понуждают конструкторов энергетического оборудования к интенсификации его использования и увеличению мощности тепловых потоков на единицу площади теплообменных поверхностей. В свою очередь, повышаются требования к качеству питательной воды промышленных и энергетических потребителей.

## Обзор «нехимических» методов обработки воды

Я. Резник

**П**рименение «нехимических» методов обработки воды в энергетике расширяется благодаря технологическим и экономическим преимуществам: их внедрение позволяет значительно сократить количество используемых реагентов (кислот, щелочей, хлорида натрия) и тем самым избавиться от проблем утилизации сточных вод с высоким содержанием химических веществ. Активно развиваются такие технологии водоподготовки как: магнитная, электромагнитная (радиочастотная), акустическая (ультразвуковая), мембранная. Также к этим методам условно отнесены электрохимический (электродиализный) метод и обработка воды комплексообразователями (комплексонами).

### Магнитная обработка воды

Магнитные аппараты устанавливают для предотвращения (или уменьшения) осаждения накипеобразующих веществ на теплообменной поверхности. Наиболее часто встречающаяся накипь образуется карбонатом кальция.

Температура осаждения карбоната кальция из природной воды – 40–130 °С. Следует помнить о том, что температура нагретой воды в теплогенераторе или теплоиспользующем аппарате всегда ниже температуры стенки нагреваемой поверхности. Принято считать, что температура стенки трубы в топке водогрейного котла выше температуры нагретой воды на 30–40 °С, а в теплообменнике (бойлере) – на 15–20 °С. Но, конечно, эта разница температур уменьшается с

уменьшением габаритов и теплопроизводительности котлов.

Эти и другие соображения обусловили следующие требования к технологии и аппаратам магнитной обработки воды (СНиП II-35-76\*\*\*\* «Котельные установки», СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» (ранее СНиП 2.04.07-86\*), СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» (ранее «Руководство по проектированию тепловых пунктов»: М., Стройиздат, 1983);

– для чугунных и других паровых котлов с  $t$  нагрева воды до 110 °С допускается карбонатная жесткость исходной воды не более 7 ммоль/л (то есть практически до наибольшего значения карбонатной жесткости природной воды, определяемого в лаборатории), содержание железа



(Fe) – не более 0,3 мг/л. При этом обязательна установка шламоотделителя на продувочном трубопроводе парового котла;

– для водогрейных котлов с  $t$  нагрева воды до 95 °С в закрытой системе теплоснабжения допускается карбонатная жесткость исходной воды не более 7 ммоль/л, содержание железа (Fe) – не более 0,3 мг/л. При этом исходную воду можно не деаэрировать, если в ней содержание растворенного кислорода не более 3 мг/л и/или сумма значений хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) и сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) не более 50 мг/л. Часть циркулирующей воды (не менее 10 %) должна проходить через дополнительный магнитный аппарат для предотвращения «затухания» магнитного воздействия.

Для системы горячего водоснабжения с  $t$  нагрева воды до 70 °С должны выполняться все указанные выше условия (ограничения по жесткости воды, содержанию железа, деаэрация или другая противокоррозионная обработка воды), но, кроме того, нужно обеспечить напряженность магнитного поля не более  $159 \cdot 10^3$  А/м (2000 Э). Другие условия для этой системы указаны в СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» и в СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов».

Отсутствие общепризнанной теории магнитной обработки воды и, следовательно, отсутствие методики расчета параметров, разрушенная система нормативной базы (перевод нормативов в разряд рекомендуемых и добровольно принимаемых), существование десятков (!) производителей – всё это склоняет пользователей к случайному выбору аппаратов и приводит к положению,

при котором в одинаковых, казалось бы, условиях эффект магнитной обработки воды различается.

У «классических» физиков вызывает недоумение и неприятие притязания инженеров объяснять эффективность магнитной обработки воды действием магнита на внутриатомные силы. Конечно, для внутриатомных сил магнитный импульс применяемых аппаратов – то же самое, что пушечный выстрел в океан в надежде его «взволновать».

Можно предположить, что противоречие разрешается простым напоминанием: обработке воды подвергается не  $\text{H}_2\text{O}$ , а природная вода – среды очень и очень разные.

Кроме того, недоверие вызывает существование так называемой «памяти воды», то есть сохраняющейся в течение довольно длительного времени (по разным оценкам: 12–190 ч) после «омагничивания» способности воды предотвращать или хотя бы замедлять накипеобразование.

Из известных гипотез магнитной обработки воды представляется наиболее обоснованной гипотеза, выдвинутая сотрудниками кафедры водоподготовки МЭИ (Технический университет) и развитая далее в Институте проблем нефти и газа РАН.

Основное положение гипотезы: магнитная обработка воды может быть эффективной только при наличии в воде ферромагнитных частиц (хотя бы в количестве более 0,1–0,2 мг/л). Вода должна быть пересыщена по ионам кальция и карбоната. Магнитный поток способствует дроблению агрегатов ферромагнитных частиц на фрагменты и отдельные частицы, «освобождению» их от водной оболочки, образованию газовых микропузырьков.

Ферромагнитные микрочастицы в многократно увеличенном количестве создают центры кристаллизации, и накипеобразующие элементы меньше осаждаются на теплонапряженной поверхности и больше – внутри водного потока. Газовые микропузырьки действуют как флоагенты.

Конструкции магнитных аппаратов разнообразны.

Лучшая эффективность – у аппаратов, полюсы которых выполнены не из углеродистой стали, а из редкоземельных металлов, сохраняющих «магнитную силу» до  $t$  воды 200 °С и имеющих длительный эксплуатационный ресурс (за 10 лет магнитные свойства ослабевают лишь на 0,2–3,0 %).

Магнитное поле должно быть переменным. Поэтому магнитные аппараты состоят из четырех и более магнитов – так, чтобы положительные и отрицательные полюсы чередовались.

Магниты могут располагаться как внутри, так и снаружи трубы. При внутреннем расположении полюсов происходит накопление частиц железа на полюсах (что вызывает необходимость разборки аппарата для очистки). При наружном расположении магнитов нужно учитывать зависимость магнитной проницаемости материала трубы.

При большом количестве железа в исходной воде (5–10 мг/л) и небольшом расходе воды, когда экономически нецелесообразно организовывать специальное обезжелезивание воды, можно предусматривать перед магнитным аппаратом намагниченную фильтр-сетку: будут задерживаться и ферромагнитные, и другие взвешенные частицы.

С учетом положений описанной выше «ферромагнитной» гипотезы «омагничивания» воды требуется в каждом случае внимательно рассматривать условия установки аппаратов. Требуется также критически относиться к приведенному выше нормативу по железу: не более 0,3 мг/л. Нужно установить нижний предел содержания железа в исходной воде и, может быть, повысить верхний предел.

Во время магнитной обработки образуется углекислота. Получающийся углекислый газ в системе горячего водоснабжения и в промышленных оборотных системах выводится через водопроводную арматуру и градири. В закрытой системе с большим расходом воды необходимо устанавливать дегазаторы.

Получающиеся хлопья необходимо выводить из системы – через шламоотделители. При этом нужно учитывать, что центробежный циркуляционный насос





должен устанавливаться после магнитного аппарата, чтобы хлопья не разрушались.

### Электромагнитная (радиочастотная) обработка воды

Физические методы обработки воды сравнительно недавно пополнились радиочастотным методом. По эффекту действия этот метод подобен магнитному, поэтому все условия и ограничения применения, изложенные выше для магнитного метода, действительны и здесь.

Достоинством электромагнитной обработки является легкий монтаж: электрокабель просто наматывается на трубу (как правило, не менее шести витков). При подаче электротока в кабель образующиеся электромагнитные волны в природной воде изменяют структуру находящихся там веществ (прежде всего, как описано выше, ферромагнитных частиц). В результате накипеобразующие примеси кальция (в основном – карбонаты) меньше осаждаются на теплонапряженной поверхности.

Удобство такого способа обработки воды – возможность изменения воздействия на воду путем изменения подачи электроэнергии (мощности и силы тока).

Радиочастоты – один из классов электромагнитных волн – разделены в зависимости от частоты и длины волны на 12 диапазонов. Диапазон частот, используемых при описываемой обработке воды, – 1–10 кГц, то есть часть диапазонов инфранизких частот (0,3–3 кГц) и очень низких частот (3–30 кГц).

Как и магнитная обработка воды (на постоянных магнитах), электромагнитная применима только для воды сравнительно низких  $t$  нагрева – не более 110–120 °С и там, где нет пристенного кипения воды. Следовательно, такая обработка не может применяться для паровых котлов, где  $t$  нагрева воды более 110 °С. Возможно, потому, что мощность тепловых потоков через нагреваемые поверхности паровых и больших водогрейных котлов несопоставимо велика по сравнению с мощностью электромагнитного сигнала, препятствующего накипеобразованию.

Показательны во много раз отличающиеся оценки тепловых нагрузок

поверхностей нагрева, при которых эффективна электромагнитная обработка воды. Разные фирмы указывают для своих аппаратов допустимые значения мощности тепловых потоков: от 25–50 до 175 кВт/м<sup>2</sup>. Но большинство фирм вообще не указывают это значение.

Физико-химические процессы радиочастотной обработки воды пока исследованы недостаточно, а добытые в исследованиях факты не получили удовлетворительной интерпретации. Как бы там ни было, претензии изготовителей аппаратов на возможность применения этого метода в широком диапазоне значений жесткости, минерализации и температуры воды, для разных котлов и теплообменников – не обоснованы.

### Акустическая (ультразвуковая) обработка воды

Выше указывалось, что из-за отсутствия общепризнанных обоснованных расчетных методик выбора параметров магнитных и электромагнитных аппаратов воспроизводимость результатов обработки воды плохая. В этом отношении ультразвуковая обработка воды имеет преимущество: результаты всегда однозначные и воспроизводимые.

Ультразвуковая технология предотвращения образования отложений на теплообменной поверхности оборудования основана на ультразвуковом возбуждении механических колебаний в толще водного потока и/или в теплообменных стенках оборудования.

Частота ультразвуковых колебаний рекомендуется в диапазоне 20–25 кГц. Современные противонакипные акустические аппараты (АПУ) генерируют ультразвук с частотой 22 кГц.

Пределы применения этой технологии, сообщаемые разными фирмами-изготовителями, очень различаются:

- жесткость исходной воды (преимущественно – карбонатной) – до 5–8 и более ммоль/л (верхний предел не найден);

- $t$  нагреваемой воды – до 80–190 °С (теплообменники и паровые котлы низкого давления – до 1,3 МПа).

Другие параметры работы, условия применения акустических аппаратов –



см. «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ», 2009, № 1.

Известны сотни объектов, где успешно действуют ультразвуковые противонакипные аппараты. Но сложность определения места установки аппаратов на оборудовании требует руководства работами специалистов фирмы-производителя.

### Электрохимические методы обработки воды

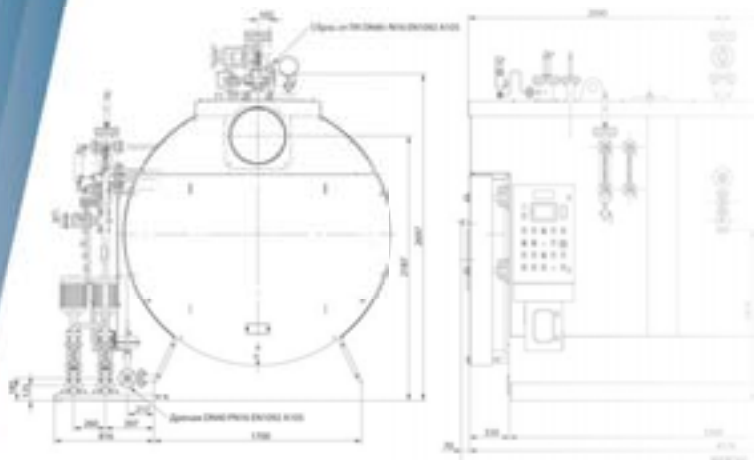
Есть несколько электрохимических методов и конструкций, позволяющих предотвращать образование отложений в оборудовании (в том числе – накипь в теплогенераторах и теплообменниках), улучшать, интенсифицировать процессы флоатации, коагуляции, седиментации и др.

Конструкции разные, но суть заключается в том, что под влиянием электрического поля в воде инициируются процессы электролиза: соли жесткости, соединения железа, других металлов осаждаются на катодах, а на анодах образуются углекислый газ и углекислота. Образующиеся ионы также разрушающе действуют на бактерии и другие биологические примеси воды.

Расход электроэнергии зависит прежде всего от минерализации исходной воды и расстояния между электродами.



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

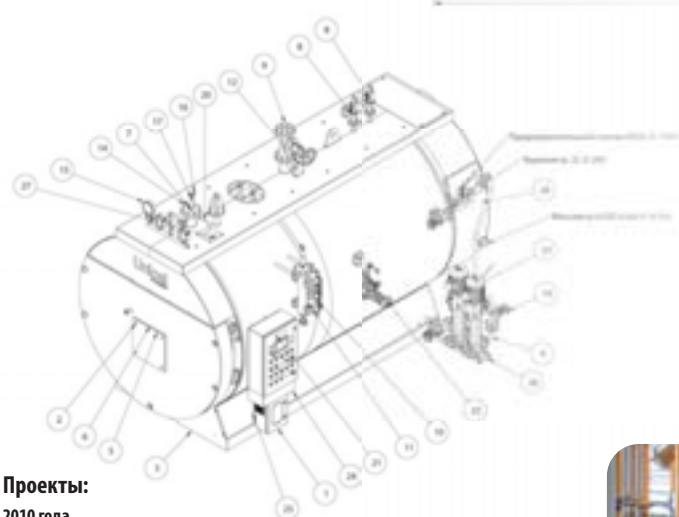


### **BAHR'UNO**

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

### **BAHR'12/15 НР и НРЕС**

давление до 12/15 бар  
паропроизводительность  
до 5000 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 - ООО «Молочные Эко Фермы», Белгородская область  
0,50 т/ч - ООО «Промбетон», г. Орел  
6,25 т/ч - ОАО «КонсервСушПрод», Брянская обл., г. Стародуб  
0,50 т/ч - ООО «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 - ООО «Копышлейский завод СОМ», г. Пенза  
3,0 т/ч - ОАО «Шебекинский маслodelный завод», Белгородская обл., г. Шебекино  
5,0 т/ч - ООО «Деревообрабатывающий завод», Республика Адыгея, г. Майкоп  
1,5 т/ч - ООО «Интерфлекс-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](mailto:energogaz@energogaz.su), [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)





Пределы применения предварительно рассчитать трудно: сообщаются самые разные значения  $t$  воды – до 70 °С и до температур питательной воды паровых котлов.

Подробно технология электрохимической обработки воды разных производителей описана: «Аква-Терм», 2003, № 2 и «Аква-Magazine», 2008, № 3.

Разработана и уже применяется электроплазменная технология очистки воды, но ее применение требует еще дополнительных исследований в реальных условиях объектов.

## Другие методы обработки

Многочисленными исследованиями и уже большим опытом работы теплообменного оборудования установлено, что введение в воду некоторых веществ-комплексобразователей даёт возможность предотвращать накипеобразование.

Принципиально важно отметить, что количество вводимых комплексонов несравнимо меньше стехиометрического количества. Это обстоятельство позволяет нам характеризовать такой метод в качестве «не совсем химического» – здесь нет обмена электронами между атомами, как в «классической» химической реакции.

И, напротив, увеличение дозы комплексона больше рекомендуемых значений не всегда приводит к желаемым

результатам, к тому же увеличиваются стоимость обработки воды и, в ряде случаев, значения концентраций этих веществ в сточных водах.

В этой технологии гарантированный успех достижим только при обязательном учете тепловых и гидродинамических условий работы оборудования. Необходим комплекс исследований на каждом объекте и непрерывный надзор квалифицированных специалистов за эксплуатацией оборудования.

Сообщения, публикации о реагентах и технологии, пределах применения этого способа обработки воды столь многочисленны, что описание его находится вне пределов данной статьи. Особенности этого способа необходимо осветить в отдельной статье.

Последнее замечание, безусловно, должно быть отнесено и к мембранному методу.

Все рассмотренные технологии водоподготовки, несмотря на различие в принципах и особенностях, обладают общими признаками: их энергетические мощности невелики.

А мощности тепловых потоков очень сильно различаются. Может оказаться, что действие магнитных, электромагнитных, ультразвуковых импульсов, комплексонов будет недостаточно, и накипеобразующие вещества будут «успевать» оседать на теплообменной поверхности.

Также весьма различны скорости движения водных потоков.

Участившиеся в последние годы сообщения об авариях жаротрубных котлов – подтверждение, в частности, прямой зависимости накипеобразования от скорости водных и мощности тепловых потоков.

Современные жаротрубные котлы, в отличие от котлов производства 30–40-х гг. прошлого века, обладают хорошими показателями соотношения теплопроизводительности и габаритов, но сохранили конструктивные недостатки жаротрубных котлов: малые скорости потоков воды и наличие застойных зон.

И, наоборот, в гидронных котлах, где в медных трубах с малой шероховатостью скорость воды повышенная, накипь не образуется при прочих равных условиях: содержание ионов жесткости, температура воды и др. В этом отношении выгодно отличаются и новые конструкции водогрейных котлов «Смоленск» Дорогобужского котельного завода.

## Выводы

1. Успешное и эффективное использование описанных выше технологий может быть гарантировано только тогда, когда будут исследованы и обоснованно установлены предельные условия их применения.

2. Обязательно должны быть установлены пределы:

- температуры поверхностей нагрева, в том числе повышенные местные температуры – с учетом перегрева;

- мощностей тепловых потоков на единицу площади нагретой поверхности;

- наименьшей скорости водного потока в трубах и емкостях оборудования;

- содержания в исходной воде кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), железа ( $\text{Fe}$ ), гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ), сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), минерализации, «органики», других возможных накипеобразователей, коррозионных агентов, ингибиторов накипеобразования (некоторая часть «органики»);

- наличие или отсутствие застойных зон.



# 38^ Mostra Convegno Expocomfort

27-30 марта 2012 г.  
fieramilano



*human  
comfort  
solutions*

Отопление, охлаждение,  
водоснабжение, энергия.  
Четыре отрасли,  
одно великое событие.

С 27 по 30 марта 2012 года ведущая  
мировая выставка в области ОВК,  
водопроводного и сантехнического  
оборудования пройдет в Милане с  
полными демонстрациями самых  
продвинутых технологий,  
обеспечивающих комфорт,  
энергоэффективность  
и энергосбережение.

Кондиционирование воздуха,  
вентиляция / Хладообеспечение /  
Тепловые насосы / Теплоизоляция /  
Отопление / Возобновляемые  
источники энергии / Средства и  
инструменты внедрения /  
Компоненты систем ОВК /  
Водопроводные технологии /  
Очистка воды / Автоматизация  
домов и зданий / Краны / Покрытия /  
Керамическое оборудование для  
ванных комнат / Радиаторы /  
Ванные принадлежности

[www.mcexpocomfort.it](http://www.mcexpocomfort.it)



EXHIBAGNO

NEXT ENERGY

Организаторы



При поддержке



В сотрудничестве с







Сегодня, когда практически повсеместно остро стоит проблема нехватки чистой воды, внедрение новых технологий водоочистки весьма актуально. Широкое распространение получили методы мембранной фильтрации, где разделение исходной воды на концентрат и фильтрат осуществляется на мембране – тонкой (10–150 мкм) пористой перегородке.

## Баромембранные методы обработки воды

А. Преображенский

**В** качестве движущей силы процесса мембранного разделения могут применяться:

- давление (баромембранные процессы);
- электрическое поле (электродиализ);
- концентрация (диализ);
- температура (мембранная дистилляция).

Наибольшее практическое применение в настоящее время получили баромембранные процессы.

### Классификация баромембранных методов фильтрации

Технологически все баромембранные методы обработки воды заключаются в продавливании раствора через полупро-

ницаемую мембрану против градиента концентрации растворенных в воде веществ и находящихся там во взвешенном состоянии микрочастиц, микроорганизмов и коллоидов. Соответственно все виды баромембранной фильтрации выполняются под давлением. Чем меньше размеры пор мембран, тем выше требуется давление, и классификация баромембранных методов основывается, прежде всего, на размерах фильтрующихся частиц (соответствующих размерам пор в мембране) и применяемым величинам давления, необходимого для осуществления процесса (табл. 1). Различают:

- микрофильтрацию,
- ультрафильтрацию,
- нанофильтрацию,
- гиперфильтрацию (обратный осмос).

Процесс прохождения примесей через мембраны микро- и ультрафильтрации – процесс просеивания, он наиболее схож по механизму с задерживанием частиц на фильтрах механической очистки. В мембранах нанофильтрации и обратного осмоса процесс прохождения ионов и молекул через мембраны является более сложным процессом диффузии, и поэтому зависит от ряда факторов, таких как состав исходной воды, загрязнение мембран, заряд мембран и коэффициент концентрации солей.

### Преимущества баромембранных методов

Большинство традиционно применяющихся методов очистки воды являются многоступенчатыми технологиями, используя же в этих целях баромембранные технологии можно добиться качественной



Таблица 1. Основные параметры и характеристики баромембранных методов фильтрации.

Название метода	Размер пор мембраны, мкм	Размер задерживающихся мембраной частиц (молекул), Д	Рабочее давление, бар	Удаляемые вещества, частицы, микроорганизмы и др.
Микрофильтрация	0,01–1	> 100 000	< 2	Очень мелкие взвешенные частицы, крупные коллоиды, эмульсии, цисты простейших, большие бактерии, водоросли.
Ультрафильтрация	0,001–0,01	2 000–100 000	1,5–7	Все взвешенные частицы, коллоиды, цисты простейших, бактерии, водоросли, вирусы.
Нанофильтрация	0,0001–0,001	300–1000	3,5–20	Все взвешенные частицы, все микроорганизмы, органические растворенные вещества, 20–85 % растворенных неорганических веществ.
Обратный осмос	< 0,0001	100–300	15–70	Все взвешенные частицы, все микроорганизмы, все растворенные органические вещества, 95–99 % растворенных неорганических веществ.

фильтрации на одном шаге обработки воды. Преимущество одноступенчатой очистки характеризует не только баромембранные, но и вообще все мембранные технологии обработки воды. Степень очистки при этом будет зависеть от выбора конкретного метода в соответствии с преследуемыми целями. Очевидно, что при использовании баромембранной фильтрации наибольшей степени очистки воды можно достигнуть применением нанофильтрации и обратного осмоса.

К другим преимуществам баромембранных технологий относятся:

- высокая надежность барьерной фильтрации;
- компактность оборудования;
- простота наращивания мощностей, благодаря модульной конструкции оборудования;

- возможность полной автоматизации процесса;
- минимальное использование реагентов;
- немногочисленный обслуживающий персонал;
- низкое энергопотребление (от 0,1–0,2 кВт·ч/м³ при микро- и ультрафильтрации до 0,9–3,7 кВт·ч/м³ при обратном осмосе).

**Особенности применения**

К недостаткам технологии относят обычно:

- относительно высокую стоимость оборудования;
- образования отложений и зарастаний на мембране, засоряющих ее;
- некоторые возможные сложности с утилизацией концентрата (при условии, что в нем накапливаются болезнет-

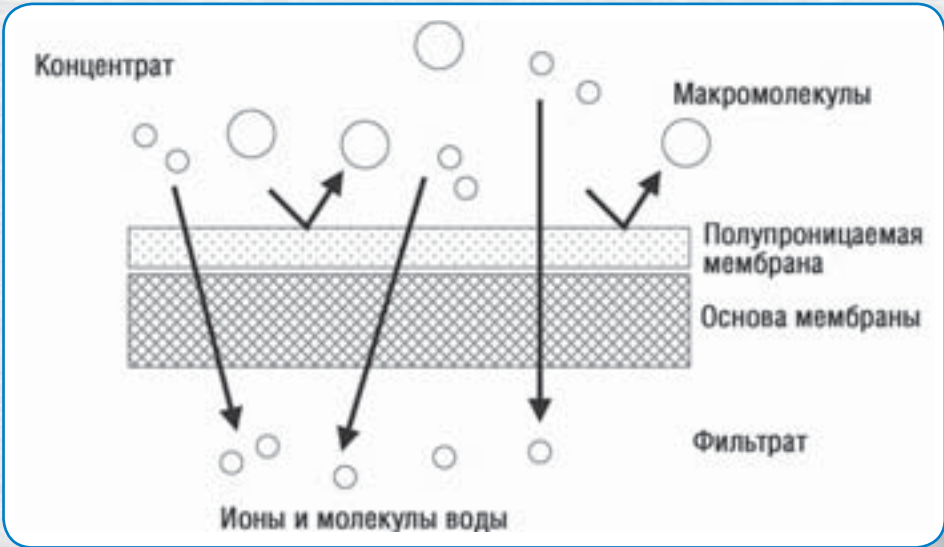
ворные микроорганизмы или токсичные вещества);

- определенные требования к качеству исходной воды.

Однако все эти недостатки не являются непреодолимыми.

В связи с успешным развитием мембранных технологий затраты на 1 м³ воды, обработанной мембранной технологией, по сравнению с традиционными технологиями неуклонно снижаются. За последние десятилетие затраты снизились в несколько раз (по некоторым данным – на порядок). Сегодня обработка воды таким методом, например, как ультрафильтрация, на современном оборудовании будет стоить не дороже, чем обработка такого же объема воды практически любым традиционным методом (насыпные фильтры, аэрация, химобработка, УФ-обеззараживание и др.).

Образование отложений и зарастаний на мембране в значительной мере предупреждается разделением фильтруемой воды на два потока: фильтрата (пермеата) и концентрата. Концентрат, двигаясь вдоль поверхности мембран, смывает образующиеся на ней отложения. Кроме того, в состав конструкции включается специальная сетка, турбулизирующая поток воды непосредственно около мембраны. Необходимо это еще и потому, что при фильтровании около мембраны постепенно накапливается слой задерживаемых ионов и других примесей, сопротивление проходу воды через мембрану возрастает, и мембрана может полностью выключиться из работы





(т.н. явление «концентрационной поляризации»).

Наконец, для предотвращения или уменьшения отложений веществ на мембранах в комплект поставки аппаратов включают патронные фильтры с пористостью 20 и 5 мкм и реагентный узел для дозирования в исходную воду ингибиторов осадкообразования.

При баромембранной обработке водопроводной воды органами санитарного и экологического надзора допускается слив концентрата в канализацию, так как исходная вода имеет тот же качественный состав, что и концентрат. Предочистка перед мембранами в таком случае ограничивается применением патронных фильтров с пористостью 5 мкм.

Если же исходная вода содержит болезнетворные микроорганизмы или токсические вещества, требуется применение дополнительных мер по обеззараживанию и элиминации. Стандартные конструкции фильтров и материалы мембран не предотвращают вторичное бактериальное заражение воды, то есть бактерии могут развиваться на самой мембране. Следовательно, особенно для получения питьевой воды, необходимо перед мембранным фильтром и после

него предусматривать обеззараживание воды, например, ультрафиолетовым излучением.

В то же время мембранные методы фильтрации, вообще, и баромембранные, в частности, всё больше находят применение в малоотходных производствах, где используется в т.ч. и концентрат. Содержащий те же примеси, что и в исходной воде, концентрат может быть не только сброшен в канализацию, но утилизирован или использован в качестве подпиточной воды для систем оборотного водоснабжения, закрытой системы теплоснабжения и др. Интересное применение концентрат может найти в системах, где в исходной воде минерализация не больше 300–400 мг/л. В питьевой воде минерализация нормируется на уровне 1000 мг/л (по отдельному разрешению органов санитарного надзора – не более 1500 мг/л). В таких условиях концентрат можно направить в трубопровод исходной воды, и систему можно считать



бессточной. По такой схеме несколько последних лет работает обратноосмотический аппарат в котельной Большого театра в Москве.

Все виды мембран имеют определенные требования к качеству входной воды (табл. 2). Наименее требовательны к составу входной воды мембраны микро- и ультрафильтрации. Эти мембраны допускают обработку хлорированной воды, высокое содержание взвешенных частиц (от 50 до 40 000 мг/л в зависимости от типа мембран) и работают в широком диапазоне pH (от 1 до 13). Мембраны нанофильтрации и обратного осмоса предъявляют достаточно высокие требования к качеству входной воды. Обычно требуется предварительная обработка воды, которая заключается в удалении взвешенных частиц, растворенного железа и нейтрализации окислителей. Все виды мембран нуждаются в периодической промывке и очистке, в том числе химически усиленной. Несоблюдение технологии эксплуатации может привести к необратимым процессам загрязнения и порчи мембран.

Не допускается высушивание мембран и их длительный простой (более трех суток без специальной консервации).

В некоторых случаях, когда в исходной воде много кальция и магния, – карбонатная жесткость больше 5–6 ммоль/л, и общая жесткость больше 8–12 ммоль/л, рекомендуется предварительное умягчение или ингибирование исходной воды.

Таблица 2. Требования к качеству входной воды при обратном осмосе

Параметр	Числовое значение параметра для входной воды
Мутность	1–5 ЕМФ
Окисляемость перманганатная	до 3 мгО/л
Водородный показатель (pH)	3–10 (иногда 2–11) ед.
Содержание нефтепродуктов	0,0–0,5 мг/л
Содержание ПАВ катионактивных	0,0
Содержание сильных окислителей (хлор, свободный, озон, марганцевокислый калий)	0,1 г/л
Содержание марганца общего (Mn)	0,05 мг/л
Содержание железа общего (Fe)	0,1–0,3 мг/л, некоторые фирмы требуют 0,05 мг/л
Содержание кремниесоединений (Si)	0,5–1,0 мг/л
Содержание сероводорода	0,0
Минерализация общая	3,0–20 (иногда до 50) г/л; можно опреснять воду и при меньшем значении минерализации, но экономические показатели при этом ухудшаются
Индекс SDI (коллоидный индекс, индекс фильтруемости)	4–5 ед



Таблица 3. Области применения мембранной фильтрации.

Мембранная технология	Муниципальная обработка воды	Индустриальная обработка
Микрофильтрация	Питьевая вода, сточные воды	Предподготовка воды, сточные воды
Ультрафильтрация	Питьевая вода, сточные воды	Предподготовка воды, сточные воды; молочная, пищевая, нефтяная, химическая промышленность
Нанофильтрация	Питьевая вода	Предподготовка воды, фармацевтическая, химическая промышленность
Обратный осмос	Питьевая вода	Обессоленная и ультрачистая вода для нужд фармацевтических и химических технологий

Решение о необходимости предварительного умягчения зависит от условий конкретного объекта.

Области применения

Мембранные технологии обработки воды могут использоваться при подготовке питьевой воды для очистки от нежелательных примесей, при обработке муниципальных и индустриальных сточных вод, при подготовке котловой воды в теплоснабжении, при подготовке воды для пищевой промышленности, а также воды, использующейся в фармакологии и медицине. С помощью мембран можно эффективно провести обессоливание морской воды, что открывает перспективы использования практически неисчерпаемых ресурсов мирового океана для получения питьевой и индустриальной воды. Соответственно решаемым задачам применяются разные методы мембранной фильтрации (табл. 3).

Оборудование

Мембраны для баромембранных фильтрационных аппаратов изготавливаются из полимерных материалов: целлюлозы и ее эфиров, полиамидов, полиолефинов, сополимеров акрилонитрила с винилхлоридом, поливинилхлорида. Применяются также металлы и керамика.

Мембранные аппараты изготавливают четырех типов.

Плоскокамерные: мембранный элемент состоит из двух плоских мембран с расстоянием между ними 1,5–5,0 мм. В этом промежутке расположен пористый дренажный материал. Плотность упаковки мембран (поверхность, приходящаяся на единицу объема аппарата) равна 60–300 м2/м3. Вследствие такой малой производительности аппараты этого типа применяют там, где потребность в деминерализованной воде небольшая.

Трубчатые: аппарат состоит из пористых трубок диаметром 5–20 мм. Материал, который служит мембраной, наносится на поверхность трубки (внутреннюю или наружную). Плотность упаковки у этого типа аппаратов также небольшая – 60–200 м2/м3.

Рулонные: мембранный элемент имеет вид пакета, три кромки которого герметизированы, а четвертая крепится к перфорированной трубке для отвода пермеата. По окружности трубки таких пакетов несколько, все они вместе с сетками накручиваются на трубку. Разделяемая вода движется в продольном направлении по межмембранным каналам, а пермеат поступает в отводящую трубку. Плотность упаковки такого аппарата высокая – 300–800 м2/м3, но из-за сложности изготовления такие аппараты применяются, в основном, в средних и больших производствах.

Волоконные: мембранный элемент имеет вид полого волокна. Аппарат представляет собою цилиндр, заполненный пучком пористых полых волокон с наружным

диаметром 80–100 мкм и толщиной стенки 15–30 мкм. Разделяемая вода омывает наружную поверхность волокна, а по его внутреннему каналу выводится пермеат. В этих аппаратах очень большая плотность упаковки – до 20 000 м2/м, они широко используются в опреснительных установках, например, при получении питьевой воды из морской воды и рассолов.

Огромное значение имеет модульный принцип, заложенный в основу создания баромембранных фильтрационных установок, который позволяет легко наращивать их мощности в соответствии с размахом поставленных задач. В настоящее время реализованы десятки крупных проектов по подготовке питьевой воды и обработке муниципальных и индустриальных вод с производительность станций от 1000 до 100 000 м3/сутки. Во Франции реализован уникальный проект одношагового получения питьевой воды для региона населением 800 000 человек непосредственной из речной воды с помощью системы, использующей мембраны нанофильтрации.







В IV квартале 2011 г. химический концерн LANXESS открыл новый завод по производству мембранных фильтрующих элементов в г. Биттерфельд, которые будут продаваться под торговой маркой Lewabrane. Новый бренд компании дополнит уже признанную марку Lewatit. Первые мембранные модули для систем обратного осмоса появятся на рынке в начале 2012 г.

## Новое производство мембранных элементов в Германии

Об открытии нового завода мы сообщали в новостной подборке прошлого номера. В данной статье пойдет разговор о разработке мембранных технологий с учетом опыта применения ионообменных смол, поскольку технологии обратного осмоса и ионного обмена часто дополняют друг друга и применяются комплексно для достижения оптимального результата.

Мембраны могут быть использованы в качестве барьера для взвешенных и даже для растворенных частиц. В зависимости от размера частиц, которые необходимо удалить во время прохождения воды под действием давления через мембрану, различают микро-, ультра-, нанофильтрацию и обратный осмос. При применении технологии обратного осмоса даже отдельные молекулы, или ионы, могут быть удалены из проходящего через мембрану потока. Таким образом, система обратного осмоса с применением мембранной технологии

обеспечивает обессоливание. Это аналогично процессу обессоливания, осуществляемому с помощью ионообменных смол.

Технология обратного осмоса сейчас находит все более широкое применение; этот сегмент рынка технологий водоочистки растет особенно быстрыми темпами. Важными примерами применения фильтров с обратноосмотическими мембранами является очистка поверхностных вод для энергетики. Еще одной областью, где эта технология находит применение, является обессоливание и удаление взвешенных частиц в производстве микрочипов. В этом случае мембранная технология часто используется совместно с очисткой ионообменными смолами

для обеспечения максимальной чистоты воды. Также перспективными областями применения обратного осмоса являются опреснение морской воды и обессоливание сточных вод. Мембраны обычно отличаются селективностью, то есть процентом соли, который может быть удален из подаваемой





воды, и пропускной способностью, (или производительностью), которая определяется количеством подаваемой воды, или количеством пермеата (фильтрата) на единицу площади и времени.

### Производство мембранных элементов – многоступенчатый процесс

Производство мембранных элементов начинается с самой мембраны, которую еще называют тонкопленочным композитом, состоящим из нескольких отдельных слоев: нетканого носителя (толщиной 90–100 мкм) из полиэфира, являющегося подложкой для полисульфонового поддерживающего слоя (40–60 мкм), и активного фильтрующего полиамидного слоя (0,1 мкм), который наносится высокотехнологичным способом. Такие мембраны для обратного осмоса изготавливаются в виде плоских листов и затем с помощью автоматизированного процесса наматываются на устройство, которое служит для подачи исходного раствора к поверхности мембраны и сбора пермеата. После окончательной сборки элементы для обратного осмоса имеют стандартный размер: длина около 40 дюймов (приблизительно 1 м) и диаметр 8 дюймов (около 20 см). Площадь активной поверхности мембраны такого элемента составляет около 400 кв. футов (около 37 м<sup>2</sup>). Селективность таких мембран будет достигать 99,7 % при сильном потоке воды. Он будет варь-

роваться в зависимости от источника подаваемой воды и системы предварительной очистки. Качество каждого элемента для обратного осмоса контролируется и измеряется на специальном испытательном стенде в соответствии с международными методами и стандартами тестирования.

### Технологии и разработки

Продуктовая линейка Lewabrane будет включать мембранные элементы диаметрами 4 и 8 дюймов. Ассортимент продуктов в ближайшем будущем будет расширен для обеспечения потребностей клиентов. Мембраны работают по принципу так называемой поперечной фильтрации (тангенциальная фильтрация или фильтрация поперечного потока), то есть большая часть воды подается не прямо на мембрану (тупиковая или фронтальная фильтрация), а проходит тангенциально (по касательной) к поверхности фильтрующей мембраны. Этот метод минимизирует засорение и поэтому способствует увеличению службы мембраны до момента, когда будет необходима ее очистка или ремонт.

В целях оптимизации работы системы, новые обратноосмотические мембранные элементы компании LANXESS будут снабжены индивидуально разработанным программным обеспечением. Это стало результатом модернизации и расширения возможностей применяемого в настоящее время программного обеспечения для расчета ионнообменных установок со смолами Lewatit. Разработчик системы очистки воды будет иметь возможность легкого перехода от использования системы очистки с обратным осмосом к системе очистки ионнообменными смолами, используя только одну программу. Это программное обеспечение будет доступно в начале 2012 г., одновременно с появлением на рынке продуктов Lewabrane.



## Чистая вода для производства жиров

В конце прошлого года в Белгородской области на предприятии ОАО «ЭФКО» (производство высокотехнологичных специализированных жиров и маргаринов) закончен монтаж оборудования для обработки воды для паровой котельной и градилен.

В качестве источника водоснабжения используется вода р. Тихая Сосна. Комплекс оборудования позволяет пред-

приятию обрабатывать до 140 м<sup>3</sup>/ч речной воды:

- на установках удаления механических примесей (серия KMMF 2400) для нужд паровой котельной;

- на установках двухступенчатого снижения солей жесткости (серия KWS 5000 TRIPL + KWS 3000 TRIPL) и на установках одноступенчатого снижения солей жесткости (серия KWS 5000 TRIPL) для

обеспечения подпитки градилен в целях достижения качественного состава технологической воды.

Также на предприятии применяются современные мембранные технологии для обработки воды. Система обратного осмоса (серия KROS) обрабатывает продувочную воду из градилен. В результате подготовленная вода используется для нужд котельной без дополнительной обработки.



# Озонирование охлаждающей воды

А. Кузьминкин, ведущий инженер ООО «Ведеко-Центр»

В настоящее время одной из наиболее распространенных схем охлаждения, используемых на нефтеперерабатывающих и химических производствах, является оборотная система с охлаждением воды на градирнях. Эти системы имеют такие распространенные проблемы, как коррозия, накипь и биообрастание. Первые две успешно решаются с помощью ингибиторов; рассмотрим третью.

Образование биопленки приводит к снижению теплоотдачи, росту коррозии и, как следствие, увеличению эксплуатационных расходов. Ее образование происходит из-за повышения температуры, из-за примесей, поступающих с добавляемой водой и окружающим воздухом. Для бактерицидной обработки воды и контроля микроорганизмов в охлаждающей воде используются биоциды – активные вещества и/или составы, содержащие один или более активных ингредиентов, предназначенных для уничтожения или нейтрализации вредных микроорганизмов с помощью химической реакции.

Биоциды можно разделить на две группы: окисляемые и неокисляемые. Вторые достаточно стойки и обеспечивают долговременную защиту от биообрастаний, в связи с чем сбросная вода, обработанная таким способом, должна постоянно подвергаться тестированию на токсичность. Проведение таких анализов достаточно сложно и дорого, что приводит к отказу от их использования.

К окисляемым биоцидам относятся такие высокоактивные соединения, как хлорфенолы, нитрохлорбензол, органические соединения серы и др. Очевидно, что данные вещества реагируют не только с микро-, но и с макроорганическими клетками, и это способствует образованию токсических веществ, представляющих угрозу окружающей среде. В связи с этим данные органические соединения были запрещены в различных странах Западной Европы и США. Это застави-

ло искать альтернативные методы борьбы с биообрастанием.

В настоящее время применяются более экологически безопасные биоциды, такие как хлор, диоксид хлора, перекись водорода и озон. Хлор – один из наиболее химически активных элементов, который вступает в реакцию со множеством соединений даже при комнатной температуре.

Однако в результате реакции образуются АОГ (адсорбируемые органические галогенпроизводные), такие как трихлорэтилен, хлороформ, хлоральгидрат, четыреххлористый углерод, дихлорэтан и др., которые являются сильными канцерогенными веществами. Риск образования органических

соединений хлора можно снизить, если в качестве биоцида применять диоксид хлора  $\text{ClO}_2$ . Поскольку  $\text{ClO}_2$  – химическое соединение, которое не проявляет длительной стабильности, его нужно заново вырабатывать каждый раз незадолго перед применением. Размеры инвестиций настолько высоки, что, за редким исключением,  $\text{ClO}_2$  не применяется в охлаждающих системах.

Самый простой в использовании – биоцид на основе перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Однако благодаря значительной степени разложения этого продукта в охлаждающей воде и большого расхода продукта, биоцид на основе перекиси водорода рекомендуется использовать в небольших охлаждающих системах.

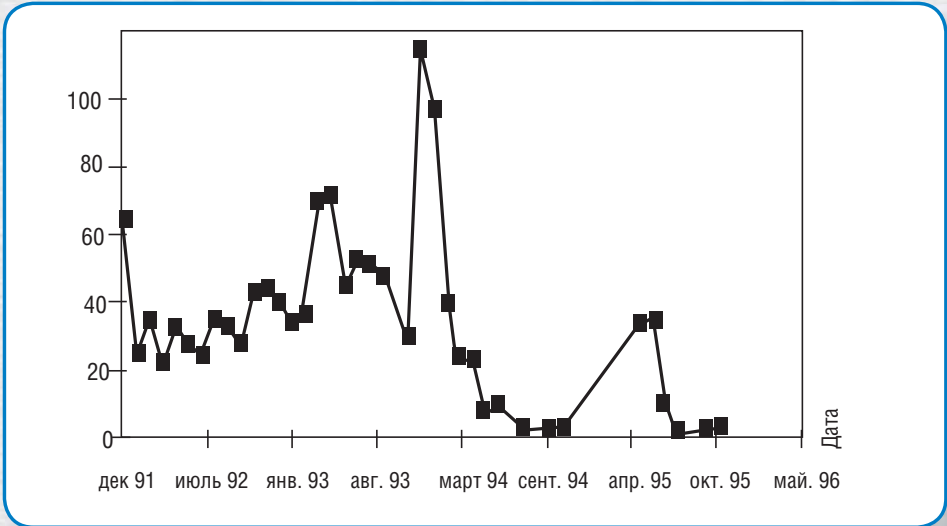


Рис. 1. Диаграмма значений ХПК (химическое потребление кислорода) до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)



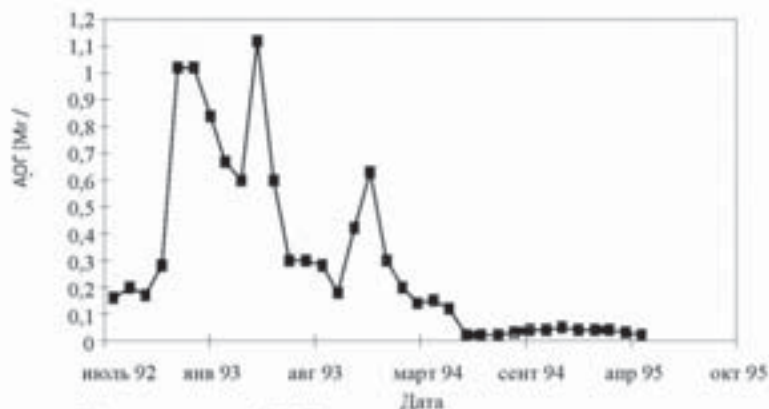


Рис. 2. Диаграмма значений АОГ до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)

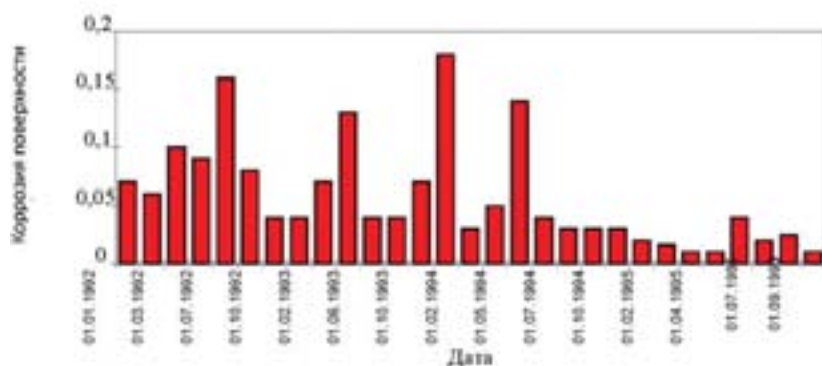


Рис. 3. Диаграмма уровней коррозии на металлическом пробном образце (St 37) до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)

В начале 1990-х гг. компания WEDECO совместно с Hoechst и Messer, занимаясь исследованием возможных сфер применения озона, пришли к выводу, что наиболее эффективно применение озона для обеззараживания охлаждающей воды в системах предприятий. С тех пор озон стали использовать как альтернативу применения привычных биоцидов.

Озон, обладая сильными окислительными свойствами, прекрасно обеспечивает дезинфекцию и снижает уровень имеющихся загрязнений в охлаждающей воде, вызванных, например, подпиточной водой. Также при правильном применении озон способен повысить эффективность антикоррозионных и противонакипных ингибиторов.

При использовании озона, в результате его взаимодействия с органиче-

скими соединениями, как правило, не образуется каких-либо побочных продуктов реакции, таких как АОГ или ТГМ (тригалогенметан). При этом постоянно снижается уровень ХПК в воде. На графике рис. 1 видно, что в результате озонирования воды пиковые значения ХПК (например, в результате утечки из теплообменника) быстро обнаруживаются и устраняются в течение очень короткого времени.

При использовании гипохлорита или биоцидов на основе хлора во время таких утечек результатом будет резко увеличенный уровень АОГ. Фактически, при обработке озоном, уровень АОГ может быть постоянным ниже 0,1 мг/л (см. рис. 2).

В результате применения в качестве биоцида озона наблюдалось снижение скорости коррозии.

Озон также является достаточно сильным дезинфектантом. По своим дезинфицирующим свойствам он значительно превосходит традиционные средства. Механизм воздействия озона на бактерии сильно отличается от такого широко используемого в настоящее время средства, как хлор. Дело в том, что молекулы озона разрушают оболочку клетки и открывают доступ воде, что приводит к гибели клетки. Озон достаточно успешно борется с бактериями и вирусами, с которыми не справляются другие агенты, в частности с таким опасным, как вирус легионеллы.

Озонирование охлаждающей воды является, в целом, менее дорогостоящим, чем применение органических биоцидов. Гипохлорит, в сочетании с биодиспергирующими сурфактантами, хлорстабилизаторами или бромом, находится почти в том же ценовом диапазоне. На первый взгляд, использование только хлора без дополнительных химических веществ кажется более дешевым способом обработки, однако это приводит к увеличению уровня АОГ в расходуемой воде.

Так как общие расходы зависят от объема потребляемой энергии, принадлежностей/химикатов, обслуживания и затрат на инвестиции/амортизацию, то пропорция и местные расходы по каждой позиции в отдельности играют важную роль в определении наиболее экономичного способа обработки. Следует также отметить и то обстоятельство, что для производства озона необходимы только кислород и электроэнергия. Благодаря тому, что озон является нестойким элементом (срок «жизни» озона невелик), его необходимо производить непосредственно на месте применения, что исключает затраты на его транспортировку и хранение. Система озонирования может быть легко смонтирована либо встроена в уже имеющуюся систему. В зависимости от конструкции системы охлаждения озон может подаваться в различные точки и разными способами. Как правило, он подается после циркуляционного насоса путем бокового впрыска, также его можно добавлять в подпиточную воду или путем диспергации в резервуаре с



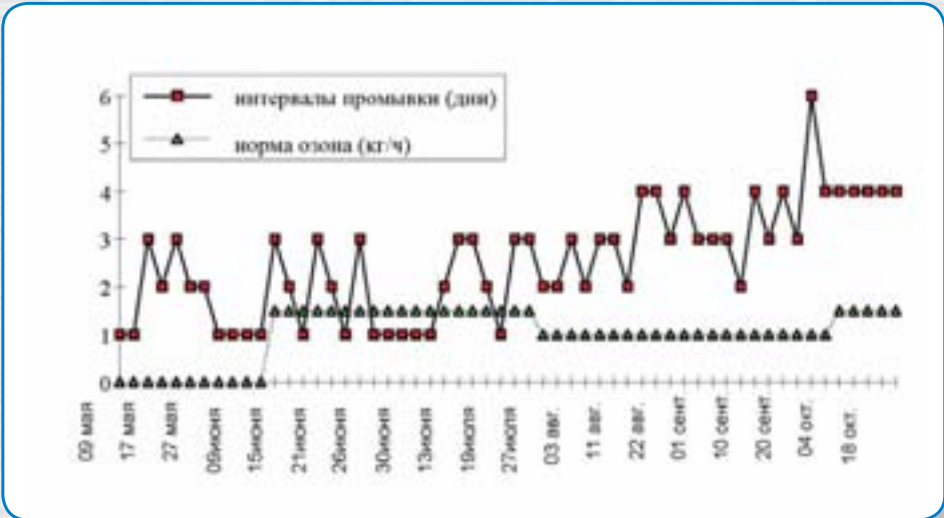


Рис. 4. Интервалы промывки и уровни дозирования озона

охлаждающей водой. Необходимая доза озона колеблется от 0,05 до 0,3 г  $O_3/m^3$ . Определение дозы озона главным образом зависит от:

- качества и количества подпиточной воды (поверхностная вода, скважинная вода, и т.д.);
- вида системы охлаждающей воды (открытая замкнутая система, прамоточная система, и т.д.);
- температуры охлаждающей воды;
- использования других химических веществ.

Немаловажную роль в снижении затрат играет уменьшение частоты обратных промывок фильтров, что приводит к существенному сокращению объема потребляемой воды. Исследования, проводимые на металлургическом заводе, использующем для обработки воды введение определенных доз органических биоцидов, показали, что при попадании масла из системы происходил сильный рост водорослей в самой градирне.

Фильтры были установлены со стороны частичного потока для удаления избытка частиц из системы охлаждения. Цикл обратной промывки запускается вручную всякий раз, когда перепад давления через фильтры достигает установленного предельного значения. На рис. 4 показано постепенное увеличение интервалов между промывками примерно через 6 недель непрерывно-

го введения озона. До использования озона интервалы составляли от 1 до 3 дней. Этот показатель вырос до 6 дней спустя примерно 6 месяцев после начала применения озона.

Экономическая выгода определена, т.к. потери воды при обратной промывке снизились на 70 %.

Суммируя оценку стоимости и эффективности применения озона (см. рис. 3), получаем следующие ее составляющие:

1. Сокращение расходов по сбросу воды, связанных с сокращением уровня ХПК и АОГ в сбросной воде охлаждающей камеры.
2. Увеличение эффективности процесса (при снижении затрат) за счет лучшей теплопередачи благодаря сохранению чистоты системы.
3. Уменьшение объема как подпиточной, так и сбросной воды благодаря снижению периодичности промывки фильтра.
4. Сокращение расходов на обслуживание за счет исключения времени простоя на очистку ввиду повышения качества воды.
5. Сокращение расходов на управление производственным процессом и на ремонтный персонал.

Учитывая вышеперечисленные косвенные статьи экономии, озонирование получается менее дорогостоящим, чем обработка с применением органических

биоцидов, гипохлорита и, в большинстве случаев, еще более экономичным, чем обработка хлором. Также следует отметить бесспорные экологические преимущества использования озона.

В результате применения в качестве биоцида озона получаем:

- долговременную защиту от микробиологии (самый низкий показатель роста);
- возможность непрерывного дозирования, поскольку озон не вызывает у микроорганизмов привыкания, в отличие от биоцидов;
- снижение эксплуатационных расходов;
- повышение промышленной безопасности;
- отсутствие необходимости хранения/загрузки/переливания опасных химических веществ;
- сокращение численности сотрудников за счет непрерывного автоматического контроля функционирования системы;
- гарантированный уровень ХПК и АОГ ниже предельных значений;
- более низкий уровень энергопотребления для обеспечения циркуляции охлаждающей воды;
- улучшение теплопередачи;
- очень хорошую глубину прозрачности;
- скорость коррозии менее 0,1 мм/год.





# ISK-SODEX

СТАМБУЛ 2012

Крупнейшая Торговая Ярмарка в Сфере  
Отопления, Вентиляции, Кондиционирования и  
Охлаждения в Регионе Евразии

**2-5 мая 2012**

**Стамбул Экспо Центр (Снг Экспо)**  
**ТУРЦИЯ**



Организатор: **POOL EXPO**



Выставка бассейнов,  
Спа, саун и оборудования

**2-5 мая 2012**

Стамбул Экспо Центр / Зал 11

## ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ВЫСТАВКИ

- ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,  
КОМПОНЕНТЫ
- КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ
- ОТОПЛЕНИЕ, СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ
- НАСОСЫ, КЛАПАНЫ, САНТЕХНИКА,  
ВОДООЧИСТКА, ФИТИНГИ, ТРУБЫ,  
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
- ИЗОЛЯЦИЯ

Publishing Centre  
**AQUA.THERM**

В сотрудничестве с:



Официальное тур-агентство

**casalitour**

Tel: +90 212 465 00 80  
info@casalitour.com  
www.casalitour.com



**Deutsche Messe**  
Worldwide

**Hannover-Messe**  
**Sodeks Fuarcılık A.Ş.**

Tel : +90 212 290 33 33  
Fax : +90 212 290 33 32  
e-mail : info@sodex.com.tr



участник





Первичная водоподготовка в комплексе с химической программой котловой обработки воды методом ионного обмена на основе натрий-катионирования позволяет поддерживать оптимальный водно-химический режим работы котлов, минимизировать эксплуатационные затраты на профилактику и ремонт оборудования.

## Предварительная обработка котловой воды

А. Самойлов, ген. директор ООО «КФ Центр»

**П**равильно рассчитанный, смонтированный и эксплуатируемый комплекс водоподготовки, дополненный химической программой коррекции котловой воды, является необходимым условием долговечной и экономной работы любого котлоагрегата.

Исходные данные для выбора оборудования предварительной водоочистки:

- максимальный часовой и суточный объем подпиточной воды ( $Q_{\text{max час}}$ ;  $Q_{\text{max сут}}$ );
- режим подпитки (непрерывный/разовый);
- химический анализ исходной воды и источник водоснабжения;
- нормы качества подпиточной воды

котлов (в зависимости от конструкции и рабочего давления);

Этап предварительной обработки воды, как правило, включает механическую фильтрацию, удаление железа и умягчение воды. Значительно реже на данном этапе решают проблемы снижения щелочности и солесодержания, а также удаления углекислоты (декарбонизация).

### Удаление механических примесей

Для удаления осаждаемых (песок, оксиды железа, соли  $\text{CaCO}_3$  и другие тяжелые частицы) и взвешенных частиц (мелкая глина, грязь и органические

вещества) используются механические фильтры различных конструкций. При незначительных механических загрязнениях (до 5,0 мг/л), можно устанавливать компактные фильтры картриджного типа (сменные или промывные), основные достоинства которых – малые габариты, высокие скорость и глубина фильтрации.

При содержании в воде взвешенных частиц более 15 мг/л, целесообразно осуществлять фильтрацию на напорных фильтрах с комбинированным слоем (песок + антрацит). Отфильтрованные частицы по мере необходимости удаляются из слоя противоточной промывкой.

В наиболее сложных ситуациях, при наличии коллоидных примесей, при-



меняют коагуляцию и флокуляцию с последующим отстаем и фильтрацией на напорных фильтрах.

### Умягчение воды методом ионного обмена

Для умягчения воды применяется метод ионного обмена с использованием катионитов и анионитов. Наиболее распространено натрий-катионирование, при котором вода пропускается через Na-форму катионита. В результате ионного обмена из обрабатываемой воды удаляются катиониты  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  (они сорбируются катионитом, а затем удаляются при обратном ионном обмене в момент регенерации катионита 10–15 % раствором NaCl). В процессе умягчения в воду поступают ионы  $\text{Na}^+$ , а анионный состав воды при этом не изменяется.

Образующийся после Na-катионирования карбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$  распадается при высокой температуре (выше 150 °C) на едкий натр NaOH и двуокись углерода  $\text{CO}_2$ , которые являются коррозионными агентами. Поэтому

умягчение воды обязательно должно сопровождаться внутрикотловой обработкой воды при помощи добавления специальных химических реагентов Nalco Chemicals.

Одноступенчатым Na-катионированием при использовании современных ионообменных смол класса Rohm & Haas, Dow, Bayer, можно получить воду с остаточной жесткостью до 0,01–0,02 мг-экв/л.

При этом 1 л смолы может обработать не более 40 объемов воды в час. Это принципиальный момент при подборе оборудования. Например: для обработки

1 м<sup>3</sup> воды в ч ионообмена установка должна быть загружена 25 л катионита:

$$\frac{1000 \text{ л воды}}{40 \text{ объемов}} = 25 \text{ л катионита}$$

Промышленные ионообменные умягчители должны обеспечить непрерывный процесс производства умягченной воды. Для этих целей используются уста-



новки, работающие по принципу TWIN ALTERNATOR: одна колонна с катионитом находится в режиме «сервис» (умягчение), а вторая – в режиме «регенерации» или «ожидания». Как только ресурс «рабочей» колонны заканчивается (что определяется встроенным счетчиком обработанной воды), в работу сразу включается вторая «отрегенерированная колонна».

## Обработка сетевой воды на «ГТ-ТЭЦ Энерго»

В конце прошлого года на ОАО «ГТ-ТЭЦ Энерго» (г. Белгород) специалисты компании ООО «КФ Центр» разработали и установили комплекс обработки сетевой воды. Технологическая схема включает в себя дозирующие комплексы нейтрализации кислорода BT-14 (катализированный бисульфит натрия) на основе дозирующего насоса ЕМЕС (Италия) с емкостью для реагента объемом 60 л, а также дозирующий комплекс повышения уровня pH (10 % раствор NaOH) с емкостью объемом 500 л. В качестве расходного реагента используется катализированная форма бисульфита натрия «Налко BT-14», обладающая высокой скоростью реакции при низких температурах и нейтрализующая растворенный кислород в питательной воде котлов, предотвращая коррозию. Данный реагент отличается минимальной потерей активности при длительном хранении, отвечает требованиям FDA (Food and Drug Administration) для добавок к кот-

ловой воде, может быть использован при рабочих давлениях до 40 атм.

На подпиточной линии установлены счетчики расхода воды. Дозирование нейтрализатора кислорода осуществляется непосредственно в обратную линию сетевой воды с помощью двух дозирующих комплексов, каждый из которых управляется от внешнего сигнала одного из импульсных счетчиков, расположенных на линии подпитки. Дозирование щелочи осуществляется в общую питательную линию дозирующим комплексом, работающим по импульсному сигналу от расходомера. Контроль уровня pH и бисульфита натрия осуществляется вручную в сетевой воде до циркуляционных насосов. Для перекачки реагентов из поставляемых емкостей в раздаточные емкости предлагается использовать портативный насос.

В ходе пусконаладочных работ специалисты «КФ Центр» провели лабораторный контроль качества обработки воды,

показавший, что результаты анализов соответствуют требованиям ПБ 10-574-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» (постановление Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. № 88). В заключение было проведено обучение персонала правилам эксплуатации дозирующих станций, а также методам наладки и эксплуатации оборудования.





# Производители чугунных котлов в Интернете

На сайтах большинства ведущих поставщиков отопительной техники имеются предложения чугунных секционных котлов, которые можно найти или сразу на главной странице, или с помощью навигации. Ниже приводятся сайты основных марок, рассмотренных в рубрике «Обзор рынка».

<http://www.alphatherm.ru>



Торговая марка Alphatherm представлена в России настенными, чугунными, электрическими и промышленными стальными котлами, бойлерами, дизельными, мазутными, газовыми и комбинированными горелками. На сайте можно получить сведения о данном оборудовании, узнать адреса магазинов и сервисных центров, где осуществляется его обслуживание и ремонт, задать вопрос специалистам технической поддержки.

<http://www.ayaks.ru>

Крупная российская компания, занимающаяся монтажом систем отопления, кондиционирования, автоматизации, диспетчеризации и др. Ayaks Engineering является официальным партнером компаний Alphatherm, Protherm, Wolf и т.д.

<http://www.baxi.ru>



Официальный сайт компании BAXI (Италия). Через данный ресурс можно получить большое количество информации о продукции предприятия: бытовых котлах, водонагревателях, бойлерах, радиаторах и аксессуарах к оборудованию. Также на сайте можно узнать адреса и контакты российских магазинов, дилеров и сервисных центров BAXI, подписаться на получение технических сообщений, скачать документы, связанные с монтажом и эксплуатацией оборудования, вступить в «BAXI-клуб» (бонусная программа для монтажников оборудования) и т. д.

<http://bkmzlit.com>



ОАО «Чугунолитейный завод БКМЗ» (г. Борисоглебск) выпускает твердотопливные, газовые и жидкотопливные чугунные котлы, другие промышленные изделия из чугуна. Также предприятие осуществляет литье деталей из чугуна на заказ. Используя сайт, можно ознакомиться с продукцией завода, заказать и оплатить нужное изделие, узнать контакты и реквизиты предприятия или его региональных дилеров.

<http://www.biasi.ru>



На официальном сайте компании Biasi можно ознакомиться с продукцией завода (чугунные и стальные котлы, радиаторы, солнечные системы теплоснабжения, энергетические башни), узнать адреса официальных импортеров, региональных дилеров и сервисных центров компании, скачать техническую документацию и каталог запасных частей, получить информацию о том, как стать сервисным партнером компании, подать заявку на обучение и т. д.



<http://www.buderus.ru>



Сайт Buderus не только предоставляет посетителям подробную информацию о продукции компании. Также здесь можно заказать оборудование (через опросный лист), найти контакты филиалов и авторизованных сервисных центров (по областям) компании, расположенные на территории России, получить информацию об обучающих программах по техническому обслуживанию оборудования различного типа, подать заявку на обучение, скачать каталоги оборудования и проектную документацию.

<http://www.chappee.ru>



Сайт компании Chappee содержит информационный блок, посвященный оборудованию компании: это бытовые и промышленные котлы, бойлеры, радиаторы, панели управления, солнечные системы теплоснабжения, тепловые насосы. Также здесь можно узнать адреса магазинов (по городам) и дилеров компании в России и СНГ, подписаться на технические сообщения, получить информацию о работе сервисной службы.

<http://www.ctc-bentone.ru>

На сайте шведской компании CTC-Benton размещен стандартный информационный пакет: данные об оборудовании (котлы, горелки, водонагреватели, топливные фильтры и деаэраторы), контакты филиала, перечень услуг, оказываемых специалистами, данные о порядке проведения сервисных работ. Также на сайте можно прочитать об акциях, проводимых компанией, и объектах, где установлено ее оборудование.

<http://www.dakon.ru>

Компания Dakon специализируется на производстве газовых, жидкотопливных, универсальных и электрических котлов. На сайте можно получить техническую информацию о производимом оборудовании, скачать прайс-лист, узнать контактные данные российского отделения компании.

<http://www.dedietrich-otoplenie.ru>

Официальный сайт одного из ведущих европейских производителей чугунных котлов. Здесь можно получить технические данные производимого оборудования (котлы, горелки, водонагреватели, системы управления и солнечные установки), узнать контакты партнеров компании в России, странах Балтии и СНГ, адреса складов запасных частей, сервисных центров. Также на сайте размещена поисковая система, позволяющая найти сервисные центры De Dietrich (по областям).

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

Компания Domusa производит жидкотопливные, газовые и электрические настенные и напольные котлы и системы управления. На сайте размещены техническая информация о котлах, адреса магазинов, где их можно приобрести, инструкции по эксплуатации оборудования.

<http://www.ferroli.ru>

Кроме технического описания продукции компании Ferroli, 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, детализировки различных агрегатов, требования к гарантийным центрам и др. В разделе «маркетинг» можно скачать рекламные буклеты, фотографии оборудования, календари и газету компании.

<http://www.moramoravia.ru>

На сайте компании Mora можно получить подробную информацию о продукции компании (чугунные котлы, водонагреватели, бытовая техника), узнать адреса и телефоны сервисных центров компании, скачать каталог запасных частей (после регистрации). Отдельный раздел посвящен гарантиям, которые компания предоставляет своим клиентам.

<http://www.protherm.ru>

Русскоязычный сетевой ресурс компании Protherm. Здесь представлено большое количество данных о продукции компании (напольных и настенных бытовых котлах, промышленных котлах, бойлерах). В разделе «документация» можно скачать каталоги, прайс-листы, технические паспорта оборудования, инструкции по эксплуатации и монтажу, сертификаты и разрешения, в разделе «где купить» — найти партнеров компании (по регионам). Также на сайте содержится информация о сервисном обслуживании и о гарантиях, которые Protherm предоставляет своим клиентам.

*Подготовил Д. Строганов.*



# Паровые котлы Unical – оптимальный выбор

*Паровые котлы компании Unical европейского качества с высоким КПД, разработанные с использованием передовых инновационных технологий, – это оптимальный выбор высококачественного оборудования.*

**В** 2008 г. компания Unical AG S.p.A. начала производство совершенно новой линейки паровых котлов с высоким КПД, не уступающих по качеству и техническим характеристикам последним разработкам именитых европейских производителей.

Свою новую продукцию компания представила следующими основными сериями паровых котлов: BAHN'12/15, BAHN'12/15 HP и BAHN'12/15 HPEC, TRYPASS'12/15, а также BAHN' UNO.

Повышенным спросом заслуженно пользуются двухходовые паровые котлы высокого давления серии BAHN'12/15, BAHN'12/15 HP и BAHN'12/15 HPEC с реверсивной топкой, представленные 14-ю моделями паропроизводительностью от 300 до 5000 кг/ч.

Трехходовые паровые котлы высокой производительности серии TRYPASS'12/15 представлены 27-ю моделями паропроизводительностью от 2000 до 21 600 кг/ч. Котлы этой серии предназначены для выработки

насыщенного пара для технологических нужд, а также для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Могут работать как на природном газе и дизельном топливе, так и на мазуте (до M100 включительно). Конструкция котла обеспечивает низкие тепловые нагрузки в камере сгорания, низкие поверхностные нагрузки и оптимальный КПД. Конструкция топки позволяет сократить выброс вредных веществ в атмосферу при использовании горелок с низким выбросом NO<sub>x</sub> в различных версиях котлов STD, Low NO<sub>x</sub>, Low NO<sub>x</sub> E.

Паровые котлы низкого давления представлены 15-ю моделями серии BAHN' UNO паропроизводительностью от 140 до 3000 кг/ч.

В 2009 г. при участии ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» котельное оборудование и техническая документация компании Unical AG S.p.A. было доработано и сертифицировано для приведения его в соответствие действующим требованиям российских норм, ГОСТов,

СНиПов и «Правил Безопасности». Были получены разрешения и сертификаты, необходимые для использования котельного оборудования Unical на территории Российской Федерации.

Паровые котлы высокого давления серии BAHN'12/15 и TRYPASS'12/15, производимые компанией Unical для поставок ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» на территорию Российской Федерации, изготавливаются в полном соответствии с требованиями российских норм и правил для котлов с давлением более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>) и температурой свыше 115 °С, ПБ 10-574-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

В 2010 г. ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», являясь авторизованным сервисно-дилерским центром и официальным партнером компании Unical AG S.p.A., начинает реализацию ряда проектов по строительству и реконструкции котельных, монтажу и пусконаладке котельного оборудования – как собственными силами, так и совместно со своими партнерами – компаниями ООО «МПНУ «Энерготехмонтаж», ООО «ЗКО» и многими другими.

В период с 2010 по февраль 2012 гг. реализованы следующие проекты:

*Группа компаний «Мираторг»*

ОАО «Прохоровский комбикормовый завод», Белгородская обл., пос. Прохоровка:

2010 г. – пароводогрейная котельная паропроизводительностью 8,0 т/ч и тепловой мощностью 3,14 МВт с двумя паровыми котлами BAHN'12 4000 HPEC и деаэратором DEAR 8000, двумя водогрейными котлами Ellprex 1570 (проектирование и монтаж ООО «МПНУ «Энерготехмонтаж», пусконаладочные работы ОАО «МПНУ «Энерготехмонтаж» совместно с ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»).





2011 г. – пароводогрейная котельная паропроизводительностью 9,0 т/ч и тепловой мощностью 3,14 МВт с тремя паровыми котлами BAHN'12 3000 HPEC и деаэратором DEAR 8000, двумя водогрейными котлами Ellprex 1570.

ООО «Молочные Эко Фермы», Белгородская область:

2010 г. – паровая котельная паропроизводительностью 1,25 т/ч с паровым котлом BAHN'12 1250 HPEC (проектирование и монтаж ООО «ЗКО», пуско-наладочные работы ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»).

ООО «Промбетон», производство железобетонных изделий, г. Орел:

2010 г. – пароводогрейная котельная паропроизводительностью 0,5 т/ч и тепловой мощностью 2,2 МВт с паровым котлом BAHN'12/15 500 и двумя водогрейными котлами Ellprex 1100.

ОАО «КонсервСушПрод», Брянская обл., г. Стародуб:

2010 г. – паровая котельная паропроизводительностью 6,25 т/ч с паровым котлом TRYPASS' 12 6250.

ООО «Кондитерская фабрика «Богатырь», Московская обл., г. Зеленоград:

2010 г. – паровая котельная паропроизводительностью 0,5 т/ч с паровым котлом BAHN'12 500 HPEC.

«Текстильная Фабрика», Республика Чувашия, г. Чебоксары:

2011 г. – паровая котельная паропроизводительностью 0,5 т/ч с паровым котлом Unical BAHN'12 1500.

ООО «Колышлейский завод СОМ» молочный завод, г. Пенза:

2011 г. – пароводогрейная котельная паропроизводительностью 6,0 т/ч и мощностью 0,84 МВт с двумя паровыми котлами BAHN'12 3000 HP и деаэратором DEAR 5000, с двумя водогрейными котлами Ellprex 420.

ОАО «Шебекинский маслодельный завод», Белгородская обл., г. Шебекино:

2011 г. – паровая котельная паропроизводительностью 3,0 т/ч с паровым котлом BAHN'12 3000 HPEC (работы выполнены ООО «ЗКО»).

ООО «Деревообрабатывающий завод», Республика Адыгея, г. Майкоп:

2011 г. – паровая котельная паропроизводительностью 5,0 т/ч с паровым котлом BAHN'12 5000 HPEC.



ООО «Интерфлексо-М», фабрика по производству гофрокартона, Московская обл., г. Климовск:

2011 г. – паровая котельная паропроизводительностью 1,5 т/ч с паровым котлом BAHN'12 1500;

ООО «Винный завод», Республика Адыгея, г. Майкоп:

2012 г., февраль – паровая котельная паропроизводительностью 6,0 т/ч с двумя паровыми котлами BAHN'12 3000 HPEC.

Успешная реализация ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» в сотрудничестве со своими партнерами проектов по строительству и реконструкции котельных с использованием котельного оборудования Unical, его надежная работа, отсутствие рекламаций при эксплуатации, отлаженное сервисное обслуживание, а также оптимальное соотношение цены и качества продукции убедительно доказывают правильность выбора в пользу продукции компании Unical AG S.p.A.

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» уделяет особое внимание техническому сопровождению проектных, монтажных и наладочных организаций путем регулярных размещений публикаций о номенклатуре и технических характеристиках представляемой продукции в технических изданиях и справочниках, организации технических семинаров для инженерно-технических специалистов на собственной учебной базе. Для руководителей и

ведущих специалистов проектных, монтажных и наладочных организаций ежеквартально организуются и проводятся семинары с посещением предприятий и на лабораторно-исследовательской базе компании Unical в Италии. Ежегодно компания «ЭнергоГазИнжиниринг» организует экспозиции с демонстрацией образцов котельного оборудования и новейших разработок производителя на крупнейших выставочных площадках России.

Популярность этих мероприятий свидетельствует о возрастающем интересе к оборудованию компании Unical AG S.p.A. не только среди российских заказчиков, но и среди заказчиков из Казахстана, Узбекистана, Украины и стран Балтии.

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

*Ознакомиться с полным ассортиментом продукции компании Unical AG S.p.A., получить полную техническую информацию и необходимые сведения о предоставляемых услугах можно, посетив стенд компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» на выставке Aqua-Therm 2012 (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», пав. 2, зал 7, стенд С413), а также на сайте компании [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su).*



# Горелки F.B.R. – виртуозы горения

*Компания F.B.R. Bruciatori S.r.l. предлагает широкий диапазон горелочного оборудования для работы на природном и сжиженном газе, дизельном топливе и мазуте, а также для комбинированного использования различных видов топлива.*

**П**редставленное на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» горелочное оборудование итальянской компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. успешно завоевывает передовые позиции.

Многолетний опыт эксплуатации горелок F.B.R., высокое качество, надежность, отлаженное сервисное обслуживание, а также привлекательная цена в условиях мирового экономического кризиса становятся приоритетными критериями при выборе горелочных устройств компании F.B.R. Bruciatori S.r.l.

Не случайно продукция этой компании, как производителя горелок высокого качества, с каждым годом становится все более популярной среди ведущих европейских теплоэнергетических компаний.

Благодаря постоянной исследовательской работе и возможности проектирования под индивидуальные условия заказчика, предлагаемая обширная гамма горелок F.B.R. способна удовлетворить самые специфические требования по выбору оптимальных горелочных устройств для теплоэнергетических установок.

Продукция компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. унифицирована для работы на котельном оборудовании как европейских производителей (Buderus, Viessmann, Unical и др.), так и на оборудовании отечественного производства.

Компания «ЭнергоГазИнжиниринг» предлагает на российском рынке широкий диапазон горелок F.B.R. для работы на

дизельном топливе и мазуте, природном и сжиженном газе, а также для комбинированного использования различных видов топлива. Оборудование представлено следующими основными моделями:

- дизельные горелки одно- и двухступенчатые с перепадом давления серии G диапазоном от 14 до 355 кВт, двухступенчатые серии GX диапазоном от 142 до 415 кВт; двух- и трехступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии FGP диапазоном от 237 до 11 628 кВт;

- мазутные горелки с механическим распылением одноступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии FNL-FNDL диапазоном от 57 до 284 кВт; двух- и трехступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии FNP-FNDP с диапазоном от 142 до 11 628 кВт;

- газовые горелки одно- и двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии X диапазоном до 349 кВт; двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии XP диапазоном от 232 до 522 кВт; двухступенчатые, прогрессивные и модулирующие серии P и P/M диапазоном от 237 до 11 628 кВт;

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

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

Горелки этих серий представляют собой конструкцию, состоящую из алюминиевого корпуса, наддувного вентилятора с корпусом для уменьшения уровня шума. Высокая эффективность работы оборудования и стабильность горения во всем диапазоне мощности достигается при помощи корректировки положения смесительного комплекта. Газовая арматура состоит из рабочего клапана для изменения расхода газа, предохранительного клапана, реле давле-



ния газа, фильтра-стабилизатора давления газа, антивибрационного компенсатора.

Горелки мощностью свыше 1900 кВт оснащаются системой электронного регулирования топливо-воздушной смеси. Эта система производит автоматическую настройку режимов работы горелки при увеличении или уменьшении потребляемой мощности в зависимости от количества несгоревшего кислорода, уровня CO и H<sub>2</sub> в отработанных газах. Все действия системы могут регистрироваться и отображаться на сенсорной панели или PLC (возможна передача данных на расстоянии при помощи систем связи и Интернета).

Вся продукция, представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» как авторизованный 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 полную техническую информацию и необходимые сведения о предоставляемых услугах можно, посетив стенд компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» на выставке Aqua-Therm 2012 (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», пав. 2, зал 7, стенд C413), а также на сайте компании [www.energo-gaz-su.ru](http://www.energo-gaz-su.ru).*







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

## SHK Moscow

представляет

Отопление  
Энергоэффективность  
Возобновляемые источники энергии  
Водоснабжение

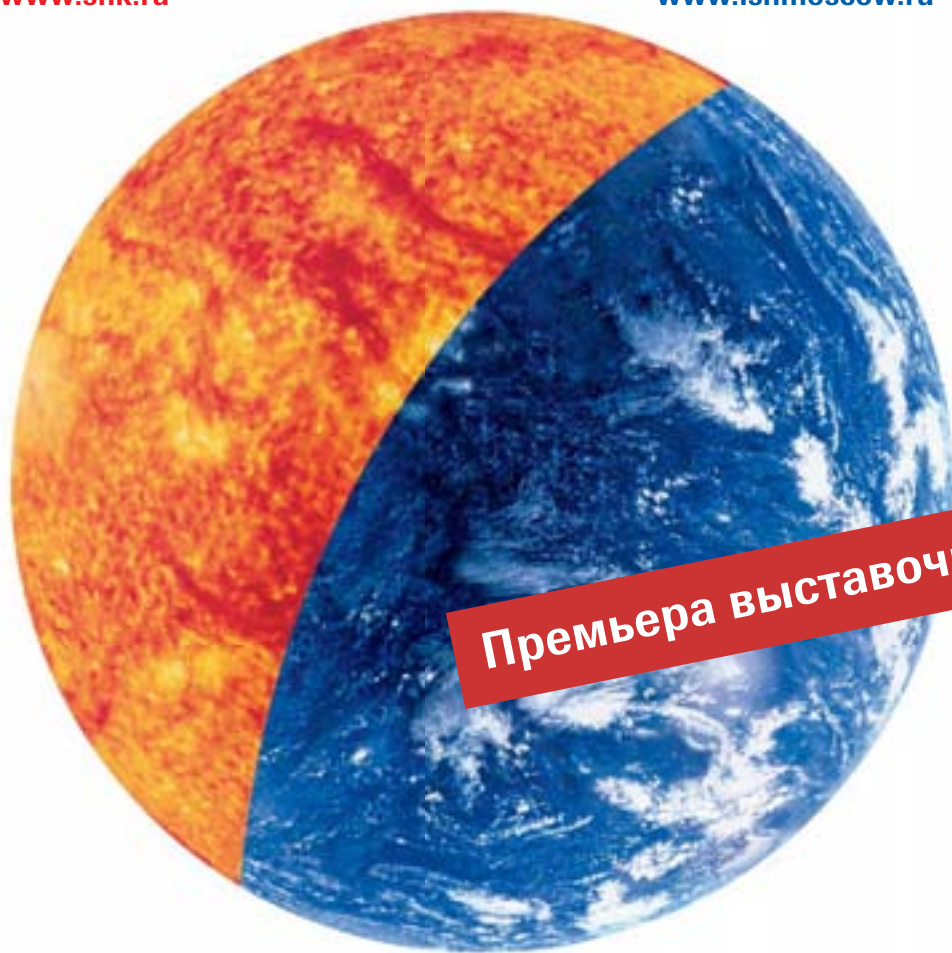
[www.shk.ru](http://www.shk.ru)

## ISH Moscow

представляет

Вентиляция и кондиционирование  
Оборудование для ванных комнат  
Инсталляционные технологии  
Водоподготовка

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



Премьера выставочного дуэта!



messe frankfurt



# Такие разные дымоходы

*Внедрение энергоэффективного котельного оборудования значительно снижает количество вредных выбросов в атмосферу, но проблема, связанная с дымоотводом, остается актуальной. Высокий КПД современных котлов способствует снижению температуры отводящихся газов. Это ведет не только к ухудшению тяги в дымовом канале, но и, что более существенно, к образованию конденсата, который, соединяясь с газообразными продуктами сгорания, превращается в азотную кислоту.*

**И**з-за действия конденсата многие традиционно применявшиеся для строительства дымоходов материалы оказались чрезвычайно уязвимыми и малопригодными в строительстве современных котельных установок. В частности, это относится к кирпичным дымоходам. При их эксплуатации образующийся конденсат очень быстро разрушает поверхность кирпичной стенки.

Те же процессы значительно снижают срок службы дымовых труб из обычной (черной) стали – два-три года. Асбоцементные трубы служат чуть дольше – четыре-пять лет, но сфера их применения значительно ограничена: при эксплуатации с теплогенераторами, имеющими высокую температуру отводящихся газов (печи, камины), асбоцементные дымоходы, нагреваясь, просто разрушаются, а иногда и взрываются. Керамические дымоходы – дороги сами по себе и требуют трудоемких и дорогих монтажных работ. Стекланые 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 дымоходы из нержавеющей стали. Их универсальные свойства дополняются еще рядом преимуществ:

- 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 эксплуатации в режимах разряжения и избыточного давления;
- низкое аэродинамическое сопротивление и быстрое преодоление порога конденсатообразования;
- газо- и паронепроницаемость;
- прекрасный внешний вид;
- пожаробезопасность и долговечность.

Дымоходы Rosinox® из нержавеющей стали представлены на рынке линейкой из трех серий. Это двухслойные модули ТЕРМО с теплоизолиру-

ющим 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, пластины огнезащитные изготавливаются из нержавеющей пищевой стали.

Гарантийный срок службы дымоходов Rosinox® составляет 10 лет.





# Уникальные возможности горелок RAY

*Ротационные горелки компании RAY – это уникальные по конструкции и оптимальные по эффективности грелочные устройства для работы как на легких, так и на тяжелых видах жидкого топлива.*

**П**роизводимые компанией RAY International горелки (мощностью от 10 кВт до 30 МВт) обеспечивают надежную работу теплоиспользующего оборудования во многих странах мира и различных климатических условиях, убедительным подтверждением которой является более чем 30-летний срок их службы.

Конструктивные особенности горелок RAY позволяют использовать их для обеспечения самых современных технологических процессов.

Компания RAY International обладает богатейшим опытом создания грелочных устройств для сжигания как стандартного, так и альтернативного видов топлива, используемого в целях оптимизации в сфере теплоэнергетики и снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Компанией RAY предлагаются оптимальные и наиболее эффективные способы распыления для различных видов жидкого топлива. Уникальные технологические решения были внедрены инженерами компании при производстве жидкотопливных горелок с механическим и ротационным распылением. В частности, для сжигания тяжелых мазутов, таких как М40 и М100, рекомендуется применение жидкотопливных горелок с ротационным распылением.

Компания RAY производит ротационные горелки как для работы на мазуте, так и для комбинированного использования различных видов топлива (газ-мазут). Эти грелочные устройства малотоксичны и имеют систему ступенчатой подачи воздуха.

Мазутные горелки комплектуются топливной арматурой специальной конструкции, рассчитанной на низкокачественные мазуты.

Жидкотопливные горелки дополнительно могут комплектоваться вспомогательными устройствами, повышающими качество сжигания мазутов, – для присадки воды в мазут (эмульгаторы). Они позволяют сократить периодичность очистки котла.

Благодаря многовариантному конструктивному исполнению и возможности регулирования геометрии пламени ротационные горелки RAY могут устанавливаться на все типы водо- и жаротрубных котлов российского и европейского производства (водогрейные и паровые котлы, котлы на перегретой воде и диатермическом масле). Эти горелки оснащаются газовыми и дизельными запальниками для осуществления «мягкого розжига», что особенно важно для мазутных горелок. В штатном исполнении они имеют модулируемое исполнение с плавным изменением расхода топлива во всем диапазоне нагрузок.

Ротационные горелки RAY обладают целым рядом преимуществ. Требуемое давление топлива перед ротационной мазутной горелкой всего 2–3,5 кгс/см<sup>2</sup>, что исключает необходимость использования насосов высокого давления в системе топливоподдачи грелочных устройств. Ротационная чаша горелки позволяет распылять жид-

кость при вязкости до 40–45 мм<sup>2</sup>/с, что в зависимости от марки соответствует температуре мазута 75–95 °С. Поэтому мазутные ротационные горелки данного типа не оборудуются электрическими подогревателями.

Содержание твердых негорючих частиц в мазуте не оказывает существенного влияния при его сжигании в ротационных горелках и не требует установки фильтров тонкой очистки. Мазутные ротационные горелки обладают очень широким диапазоном рабочего регулирования мощности (до 1:10).

Ротационные жидкотопливные горелки не чувствительны к колебаниям вязкости топлива и могут использоваться для сжигания сразу нескольких видов жидкого топлива.

Применение в ротационных жидкотопливных горелках цилиндрических чаш для распыления жидкости позволяет в широком диапазоне регулировать геометрию пламени.

Мазутные горелки RAY с ротационной чашей во время эксплуатации могут быть дооснащены до конструкции, позволяющей работать на различных видах топлива.

Грелочные устройства компании RAY оснащаются передовой автоматикой, обеспечивающей надежную работу от пуска до выключения без постоянного присутствия обслуживающего персонала, а также имеют возможность интеграции в систему АСУ ТП верхнего уровня.

Ознакомиться с полным ассортиментом продукции компании «RAY International» и получить необходимую техническую информацию можно, посетив стенд компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» на выставке Aqua-Therm 2012 (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», пав. 2, зал 7, стенд С413), а также на сайте компании [www.energo-gaz.su](http://www.energo-gaz.su).





## Достойна внимания!

**В**ыставочная компания «ФАРЭК-СПО» с 4 по 6 июня 2012 г. проводит в Санкт-Петербурге X Международную специализированную выставку по теплоэнергетике «Котлы и горелки-2012». Проводимая уже в десятый раз, выставка высоко ценится как ведущая платформа для сбора и обмена информацией о стратегиях и технологиях в области теплоэнергетики. Высокий статус выставки подтверждается мощной поддержкой мероприятия со стороны отраслевых ассоциаций и государственных структур.

Растет национальный состав экспонентов. Наряду с традиционно участвующими европейскими компаниями, в этом году планируется участие азиатских компаний из Южной Кореи, Индии и Китая. Практически каждая вторая компания, представившая свою продукцию, увеличила площадь своего стенда по сравнению с прошлой выставкой более чем на 30 %.

Список экспонентов представлен ведущими российскими и зарубежными брендами: ООО «Виссманн», ООО «Будерус», BAXI GROUP, RAY OI- & Gasbrenner GmbH (Германия), ТД «Дорогобужкотломаш», ОАО «Бийский котельный завод», «Вапор» (Финляндия), ООО «Термона-Рус», Компания Терморос, RIELLO (Москва), RIMEX (Чехия), «АРИСТОН ТЕРМО РУС» (Москва), ООО «БАЛТКОТЛОМАШ» (СПб), «ВОЛЬФ ЭНЕРДЖИСОЛЮШН», «ЗАВОД» (Москва), ООО «ДАНИ-ТЕПЛОЦЕНТР»

(Пушкино), ООО «РАЦИОНАЛ-СЕВЕР» (СПб), ООО «РЭМЭКС-ЭНЕРГО» (Черноголовка), «ХОРТЭК-ЦЕНТР», «ФИРМА» (СПб), VIADRUS (Чехия) и др.

В рамках деловой программы выставки пройдет международный Конгресс «Энергосбережение и энергоэффективность – динамика развития». На Конгрессе будут рассмотрены актуальные вопросы по реализации программ энергосбережения, технологии и схемы модернизации топливно-энергетического хозяйства промышленных предприятий, перспективы развития энергоэффективности зданий и сооружений, в том числе с нулевым энергопотреблением, а также вопросы по энергоэффективности в котельных и технологических установках, автоматизации и информатизации мероприятий по энергосбережению.

**В рамках мероприятия пройдут конкурсы:**

- проектов энергоэффективных зданий;
- программ информационной поддержки энергосберегающих решений;
- лучших реализованных проектов по энергоэффективности.

Проекты-победители Конкурса будут рекомендованы к внедрению в регионах, входящих в состав Северо-Западного федерального округа.

**В рамках выставки стартуют:** Площадка инноваций, которая дает возможность передовым научно-техническим институтам и молодым специалистам представить проекты своих разработок в энергетической отрасли; Биржа деловых контактов, с помощью которой можно назначить встречи в рамках выставки, заранее определив Целевого клиента, согласовать с ним темы переговоров, оптимально спланировать время работы на выставке и обеспечить более эффективное достижение коммерческих, рекламно-информационных и других целей участия в выставке.

В 2011 г. выставка привлекла 8 658 профессиональных посетителей из 117 городов России и 13 стран мира; из них: 67 % – руководители, 21 % – инженерный



состав, 12 % – специалисты различных направлений (маркетинг, реклама, PR).

**Основной целью посещения выставки назвали:**

- 11 % (961 специалист) – приобретение новой продукции и/или услуги;
- 23 % (1991 специалист) – поиск новых или альтернативных поставщиков;
- 26 % – поддержание существующих деловых отношений;
- 40 % – налаживание новых деловых контактов.

2 770 посетителей имели полномочия принимать решения и целью посещения называли закупки.

**Выставка «Котлы и горелки» – выбор профессионалов!**

**Приглашаем все компании, заинтересованные в развитии своего бизнеса, принять в ней участие!**

Директор выставки  
Светлана Тюрнина





# КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ BOILERS AND BURNERS



**Х** МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА  
ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

При поддержке:



Организатор выставки:



Соорганизаторы:



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

Генеральный информационный партнер:



Стратегический информационный партнер:



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

Место проведения:

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



# Издательский центр АКВА-ТЕРМ

Тел./факс: +7 (495) 751-67-76 |

e-mail: [podpiska@aqua-therm.ru](mailto:podpiska@aqua-therm.ru) |

сайт: [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru) |

Уважаемые читатели!

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

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

**СКИДКИ**  
оптовым  
покупателям

## Наименование изданий

## Цена

## Количество

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

2875 руб.

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

2606 руб.

Книга «Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы»

300 руб.

Книга «Русская отопительно-вентиляционная техника»

249 руб.

Справочник-каталог «Горелки»

450 руб.

Брошюра «Твердотопливный котел в вашем доме»

150 руб.

Брошюра «Что нужно знать при выборе котла»

30 руб.

Брошюра «Гидроаккумуляторы и расширительные баки»

150 руб.

Брошюра «Как отопить загородный дом»

60 руб.

Брошюра «Отопительные приборы и поверхности»

200 руб.

Диск «Осветлители воды»

350 руб.

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

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

## Информация о компании-заказчике

1. Наименование компании: \_\_\_\_\_

2. ИНН/КПП/ОКПО: \_\_\_\_\_

3. Адрес для счет-фактур: \_\_\_\_\_

4. Адрес почтовой доставки:

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

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

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

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

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

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



10-й ЮБИЛЕЙНЫЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОДНЫЙ ФОРУМ

# ЭКВАТЭК



5-8 июня 2012

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

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

Международная выставка и конгресс «Вода: экология и технология» – ЭКВАТЭК  
[ecwatech@sibico.com](mailto:ecwatech@sibico.com) [www.ecwatech.ru](http://www.ecwatech.ru)



Международная выставка «Централизованное теплоснабжение» – СитиТерм  
[citytherm@sibico.com](mailto:citytherm@sibico.com) [www.citytherm.ru](http://www.citytherm.ru)



Спонсоры форума:

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

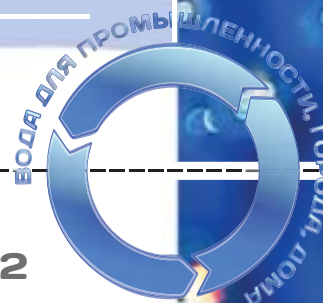
ЗОЛОТОЙ СПОНСОР

СЕРЕБРЯНЫЙ СПОНСОР

СПОНСОР РЕГИСТРАЦИИ



СТАНДАРТ ЭКОЛОГИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ



10-й юбилейный международный водный форум  
«Вода: экология и технология»

5-8 июня 2012



МВЦ «Крокус Экспо»  
пав. №3, залы 13 и 14

# ЭКВАТЭК 2012

ESWATECH

## ПРИГЛАШЕНИЕ

Внимание! Требуется регистрация. Для экономии времени можно зарегистрироваться заранее на сайте [www.ecwatech.ru](http://www.ecwatech.ru)



# Unical®

## ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

www.unicalag.ru



### Двухходовые паровые котлы высокого давления

BAHR'12/15  
BAHR'12/15 HP  
BAHR'12/15 HPES

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 HPES

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

**ЭнергоГаз**  
инжиниринг

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