

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



## Котельные

Котлы-утилизаторы  
в составе паровых  
котельных  
12

## Обзор рынка

Паровые  
жаротрубные котлы  
на российском рынке  
28

## Водоподготовка

Реагенты  
для коррекционной  
обработки воды  
38

# Lavart

Создавая тепло

ЗАО «Омский завод инновационных технологий»

поздравляет Вас

С Новым 2015 Годом!



ЗАО «ОмЗИТ» представляет линейку паровых котлов LAVART SV\*

\*Мы рады будем представить  
вам образцы своей продукции  
на выставочном стенде  
предприятия на выставке  
«Aqua-therm Moscow 2015» в  
г. Москва с 3 по 6 февраля 2015 г.,  
а также приглашаем  
посетить наш семинар.

**aqua-therm** MOSCOW  
INTERNATIONAL

developed by  Reed Exhibitions  
Messe Wien

Дополнительную информацию по участию в семинаре и приглашение на выставку можно  
получить по тел или по адресу эл.почты: 8 (3812) 77-80-77  
omzit@omzit.ru, www.omzit.ru

## Уважаемые читатели!

В преддверии Нового года и Рождества я рад возможности поздравить вас с наступающими праздниками со страниц журнала «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ»! Несмотря на непростую экономическую ситуацию, хотел бы пожелать всем успехов и осуществления планов в наступающем 2015 г.!



Наша компания предлагает на российском рынке немецкое отопительное оборудование марки Viessmann с 1994 г. За эти годы Viessmann в России удалось стать хорошо известным и востребованным брендом, надежным и выгодным партнером для сотен монтажных организаций, обеспечить теплом сотни тысяч российских потребителей – от семей до промышленных предприятий. Мы смогли занять лидирующие позиции на рынке как производитель высококачественного, энергоэффективного и надежного отопительного оборудования.

В 2014 г., благодаря гибкой политике, специальным условиям для различных проектов и ставке на развитие наших партнеров, мы добились значительного увеличения оборота по сравнению с 2013 г., расширили сеть торговых партнеров и авторизованных сервисных центров, открыли новые офисы, учебные центры Академии Виссманн в регионах.

Но мы не останавливаемся на достигнутом. Будем строить собственный офис в Подмосковье, в энергообеспечении которого также будет воплощен основной принцип «зеленого строительства» – использование возобновляемых источников энергии.

В этом году наша компания приняла решение о строительстве завода в Липецкой области, где к 2017 г. планируется запуск производства промышленных водогрейных котлов номинальной мощностью до 6 МВт.

И все же основной инвестицией Viessmann является доверие наших партнеров. Мы ценим наше сотрудничество с ними и стараемся сделать его максимально эффективным, надежным и открытым. Мы неизменно исполняли наши обязательства перед партнерами, поскольку понимание своей ответственности перед клиентами всегда было первостепенной задачей нашей компании.

Россия является страной с непростым рынком. За долгое время активного ведения бизнеса здесь нам приходилось сталкиваться с различными экономическими и политическими ситуациями. Однако мы являемся той фирмой, которая, несмотря на все внешне- и внутриэкономические условия, продолжает работать на рынке стабильно, не меняя свой статус и не прерывая свой бизнес.

И в заключение я хотел бы сообщить вам, дорогие читатели, что в наступающем году концерн Viessmann Group подготовил ряд инновационных новинок в области отопительной техники, холодильного оборудования и кондиционирования, которые будут представлены на выставке ISH с 10 по 15 марта 2015 г. во Франкфурте-на-Майне. Я с удовольствием приглашаю вас посетить стенд компании Viessmann.

Стабильность в эпоху перемен – залог наших будущих побед!

Мариус Шуберт,  
генеральный директор ООО «Виссманн»

## Содержание

### НОВОСТИ 4-7

### КОТЕЛЬНЫЕ

**8** Эксплуатация паровых жаротрубных котлов  
**12** Котлы-утилизаторы в составе паровых котельных и газотурбинных ТЭС

### 18 Реагентная защита пароконденсатного тракта от коррозии

### ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И КОГЕНЕРАЦИЯ

**20** Радиальные турбины в составе многоагрегатных ТЭС  
**24** Новости когенерации  
**26** Газопоршневая ТЭС... мощностью 220 МВт!

### ОБЗОР РЫНКА

### 28 Паровые жаротрубные котлы на российском рынке

### ВОДОПОДГОТОВКА

**34** Современные технологии обработки котловой воды с применением пленкообразующих аминов  
**38** Применение реагентов для коррекционной обработки питательной воды котлов различных давлений

### ИСТОРИЯ

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ РЕКОМЕНДУЮТ

**40** Рекуперация тепла с помощью экономайзера I.VAR Industry для надежного пароснабжения предприятий  
**44** Navien – 2014  
**45** LAVART: инновационные котлы российского производства  
**47** ЭнергоГазИнжиниринг – авторизованный сервисно-дилерский центр Unical  
**48** «Биотокс» – эффективная промывка теплоэнергетического оборудования  
**50** Котлы наружного размещения КСУВ – на крыше

### ИНТЕРНЕТ

**52** Паровые жаротрубные котлы в Рунете

### ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**54** Дебют СитиЭкспо на ВВЦ  
**55** IV российско-китайский энергетический форум в Челябинске  
**56** «Котлы и горелки» на новом месте  
**58** Календарь специализированных выставок на январь–май 2015 г.  
**61** «Вода в промышленности – 2014»



ООО «Издательский Центр «Аква-Терм»  
Директор  
Лариса Шкарабо  
magazine@aqua-therm.ru

Главный редактор  
Алексей Прудников  
alprudn@aqua-therm.ru

Служба рекламы и маркетинга:  
Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66  
prom@aqua-therm.ru

Елена Фетищева  
sales@aqua-therm.ru  
Служба подписки  
Инна Свешникова  
podpiska@aqua-therm.ru  
market@aqua-therm.ru

Члены редакционного совета:  
Р.Я. Ширяев, генеральный директор  
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,  
президент клуба теплоэнергетиков  
«Флогистон»  
Н.Н. Турбанов, технический  
специалист ГК «Импульс»

В.Р. Котлер, к. т. н.,  
заслуженный энергетик РФ,  
ведущий научный  
сотрудник ВТИ  
В.В. Чернышев, зам.начальника  
Управления государственного  
строительного надзора  
Федеральной службы  
(Росконтрнадзор)  
13 августа 2010 г.  
Рег. №: ПИ №: ФС77-41685

Федеральной службы  
по экологическому,  
техногенному  
и атомному надзору  
Я.Е. Резник,  
научный консультант

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.  
Рег. №: ПИ №: ФС77-41685

Тираж: 7000 экз.  
Отпечатано в типографии  
ООО «Лига-Принт»

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

Полное или частичное воспроизве-  
дение или размножение каким бы  
то ни было способом материалов,  
опубликованных в настоящем  
издании, допускается только с пись-  
менного разрешения редакции.

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



Реклама

**ecostar**  
COMBUSTION SYSTEMS

### ECOSTAR ПРЕДСТАВЛЯЕТ ВАМ БЕЗГРАНИЧНЫЕ ВЫБОРЫ.

Широкий ассортимент продукции от 24 кВт до 47.000 кВт для жилых домов и промышленности.

Ecostar горелки используются детали высокотехнологичных международных мировых брендов.



+7 (968) 569-53-09

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

Стамбул Головной офис телефон  
+90 216 442 93 00 (рбх)



## Новый котельный завод в Шексне

ООО «Северная компания» строит новый котельный завод на территории индустриального парка «Шексна» Вологодской области, где будут выпускаться термоблоки наружного размещения ТГУ-НОРД на базе настенных газовых котлов Viessmann. ТГУ-НОРД является собственной разработкой «Северной компании» и представляет собой шкафную мини-котельную для теплоснабжения и ГВС зданий площадью от 3 до 7 тыс. м<sup>2</sup> (много квартирных домов, офисных и торговых центров, небольших предприятий и пр.). Производитель рассчитывает серийно выпускать не менее 2 тыс. котельных в год. Ввод котельного завода в эксплуатацию намечен в 2015 г.

Компактные шкафные мини-котельные ТГУ-НОРД производства «Северной компании» созданы на основе самого современного высокоеффективного оборудования ведущих мировых производителей; характеризуются надежной бесперебойной работой, отсутствием теплопотерь, возможностью гибко и оперативно реагировать на изменения нагрузок. КПД мини-котельных составляет не менее 92 %, номинальная мощность – до 300 кВт. Термоблоки снабжены системами автоматики, имеют эргономичную, удобную для обслуживания конструкцию. Все оборудование ТГУ-НОРД размещено в



компактном утепленном контейнере, занимающем площадь от 0,8 до 4,7 м<sup>2</sup> (в зависимости от мощности). Сроки монтажа минимальны, так как ТГУ-НОРД доставляется на объект уже в готовом виде, и на месте требуется только подключение в инженерным коммуникациям.

## Siemens покупает компанию Dresser-Rand

Компания Siemens AG объявила о покупке американского производителя радиальных турбин Dresser-Rand Group Inc. Сделку планируется завершить летом 2015 г.; для Siemens она станет самой крупной за последние несколько лет (7,6 млрд долл. США). По информации ряда источников, компании удалось «обойти» швейцарского конкурента – Sulzer AG, который обсуждал с Dresser-Rand возможность слияния с передачей акций. По мнению аналитиков, для небольшой компании Dresser-Rand решающим фактором в пользу Siemens стала готовность корпорации полностью оплатить сделку наличными. В прошлом году доход Siemens составил почти 76 млрд евро, тогда как совокупная выручка Dresser-Rand составила порядка 3 млрд долл. США.

Такой шаг Siemens предпринят как в связи с большими перспективами развития рынка энергетических радиальных турбин в мире, так и в целях расширения присутствия в Северной Америке, прежде всего, для извлечения выгоды из «бума» добычи сланцевого газа в США. При этом компания Dresser-Rand долж-



на выиграть от объединения усилий с Siemens ввиду растущего спроса в мире на компрессоры для морских нефтедобывающих платформ и на радиальные турбины для многоагрегатных ТЭС малой мощности (до 10–12 МВт).

В мае Siemens приобрела у Rolls-Royce Holdings PLC основную долю бизнеса энергетического оборудования для гражданских нужд примерно за 1,3 млрд долл. США. Это подразделение создало обширную сеть покупателей в нефтегазовой индустрии. С покупкой Dresser-Rand возможности Siemens в этой области должны увеличиться, так как позволят предложить более широкий спектр оборудования как для агрегатирования труднодоступных объектов, работающих в автоматическом режиме без постоянного персонала (линейные объекты нефте- и газопроводов, радиорелейные станции и пр.), так и для удаленных теплоэлектростанций, полностью обеспечивающих своих потребителей тепловой и электрической энергией. В нефтедобывающих странах энергетическое оборудование марки Dresser-Rand пользуется большой популярностью, поскольку может работать на «подножном» топливе – попутном нефтяном газе. Так, например, в России в конце 2014 г. на Леккерском месторождении (Республика Коми) была введена в эксплуатацию газотурбинная теплоэлектростанция в составе четырех энергоблоков KG2-3E производства Dresser-Rand номинальной мощностью 1,8 МВт каждый. Установки модульного исполнения размещены во всепогодных контейнерах на открытой площадке; в комплект оборудования также входит дожимная компрессорная станция, блок подготовки топливного газа, ЗРУ 6,3 кВ, ГРЩ 0,4 кВ, диспетчерский пункт и автоматизированная система управления.

## Утилизация ТБО от Mitsubishi Heavy

На V международной выставке технологий «Иннопром-2014», проходившей в г. Екатеринбурге, руководители госкорпорации «Ростех», экономической зоны «Титановая долина», предприятия «Машпром» и японской корпорации Mitsubishi Heavy Industries Environmental & Chemical Engineering Co. Ltd заключили «Соглашение о намерениях» в целях внедрения в России новейших японских технологий переработки мусора. С 2015 г. Mitsubishi Heavy Industries (MHI) начнет строить в России мусоросжигательные заводы, работающие в режиме теплозаводов. По данным Ростеха, за 2013 г. в России скопилось порядка 31 млрд т неутилизированных отходов.

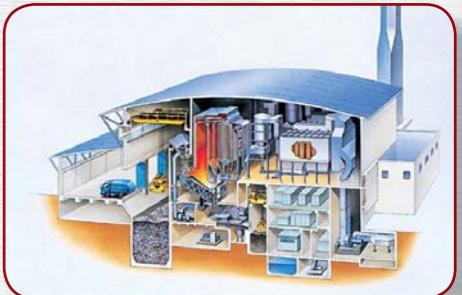
Экологически безопасные технологии переработки ТБО, разработанные MHI, являются сегодня одними из самых передовых в мире: даже на родине корпорации, в Японии, подобные заводы существуют всего 6 лет.

Строительство первого совместного японско-российского предприятия по переработке мусора с получением тепловой и

электрической энергии планируется на территории Свердловской области.

При федеральной поддержке в ближайшие 10 лет будет возведено 50 аналогичных заводов. По данным Ростеха, за 2013 г. в России скопилось порядка 31 млрд т неутилизированных отходов.

Только в одной Московской области находится 70 мусорных полигонов. При этом лишь 6-8 % отходов сжигается на специальных заводах. Остальной мусор копится, разлагается иносит огромный вред окружающей среде. Размер нелегальных свалок в России сегодня составляет 800 тыс. га.



## Новый газовый двигатель от MHI

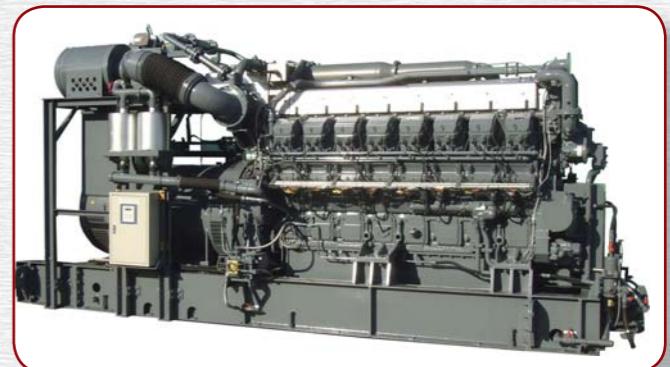
### Двигатель-рекордсмен



Газотурбинный двигатель ПС-90ГП-1 разработки ОАО «Авиадвигатель» достиг рекордной наработки – 50 тыс. ч без капитального ремонта. Он работает с марта 2008 г. в составе ЭГЭС-12С электростанции ГТЭС-72 на Ватьеганском нефтегазовом месторождении (ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь»). Это первый промышленный двигатель разработки пермского КБ, достигший столь высокого результата.

С начала эксплуатации ГТЭС-72 разработчик газотурбин обеспечивал сервисную поддержку своего оборудования. За шесть лет работы двигатель проходил только плановые технические осмотры, выполнялись необходимые эксплуатационно-технические мероприятия. После выработки межремонтного ресурса 25 тыс. ч (почти 3 года безаварийной работы) ресурс продлялся по техническому состоянию.

Специалисты компании Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (MHI) заканчивают создание первого опытного образца нового высокогооборотного 16-цилиндрового двигателя мощностью 2 МВт и КПД 44,7 %. При этом использовались передовые технические решения: двухступенчатый турбонаддув, термодинамический цикл Миллера и другие технологии. Новый двигатель является модернизацией 1,5-мегаваттного мотора GS16R2 с частотой вращения 1500 об/мин, созданного компанией MHI в 2012 г. Но при одинаковых значениях частоты вращения и объема выхлопных газов КПД нового двигателя увеличен на 4,4 %, что привело к росту выходной мощности на 0,5 МВт. Это обеспечено за счет большей степени повышения давления газа в цилиндре, использования новых материалов, а также некоторых узлов принципиально новой конструкции. С сентября 2014 г. проводились полномасштабные испытания двигателя, продлившиеся до конца года, а с 2015 г. компания MHI планирует начать серийный выпуск подобных двигателей с 6–24 цилиндрами, которые будут иметь мощность в диапазоне от 0,75 до 3 МВт соответственно. Такой ряд двигателей сможет удовлетворить самые большие потребности энергетического рынка как в Японии, так и в других странах мира. Новые двигатели MHI станут основой базовых, резервных и аварийных энергостановок, снабжающих электрической энергией потребителей. Рассматривается также вариант использования электрогенераторов на основе новых двигателей в районах стихийных бедствий и техногенных катастроф.



## Новый модельный ряд дизель-генераторов Wilson



На российском рынке появились дизель-генераторные установки производства FG Wilson (Великобритания) нового модельного ряда F номинальной мощностью от 25 до 108 кВт. Разработанные с учетом современных требований заказчиков ДГУ серии F

стали доступным решением проблем электроснабжения любых объектов. Преимуществом модельного ряда является снижение стоимости оборудования с сохранением высокого качества сборки и надежности.

В числе отличительных особенностей ДГУ серии F – специально разработанный двигатель FG Wilson с использованием компонентов от мировых производителей, надежные генераторы Marelli Motori, прочный шумозащитный корпус, высокая степень унификации деталей, широкий набор опций. Гарантия производителя составляет: один год (2000 ч в год) в основном режиме работы, два года (500 ч в год) в резервном режиме.

## Новинка от Caterpillar



Газопоршневые энергоблоки G3520H обеспечивают самые низкие эксплуатационные затраты благодаря высокому КПД – 45,3 % (ISO) и низким затратам на техническое обслуживание. Использование гильз цилиндров с манжетными уплотнениями, передовых уплотнений штоков клапанов, а также эффективной смазки ГРМ минимизирует объем технического обслуживания и расход смазочных материалов.

В двигателе применяется камера сгорания открытой конструкции, что позволяет использовать топливные системы низкого давления (10–35 кПа).

Межремонтный ресурс G3520H был увеличен до 80 тыс. ч, а период между техническим обслуживанием – до 40 тыс. ч. В конструкции G3520H использованы основные компоненты двигателя, надежность и эффективность которых подтверждена в эксплуатации (общая мощность работающих ГПУ G3500H составляет более 10 тыс. МВт). Параметры легко подстраиваются к специфическим условиям конкретных объектов и требованиям заказчиков. Оптимизация затрат за жизненный цикл достигается за счет новой конструкции двигателя с большим ходом поршня, стальных поршней с высокой степенью повышения давления, высокоеффективного турбонагнетателя и генератора. Передовой турбонагнетатель устраняет зависимость параметров двигателя от высоты над уровнем моря и температуры окружающего воздуха.

Компания Caterpillar (США) представила вторую модификацию газопоршневого двигателя G3500H – модель G3520H номинальной мощностью 2,5 МВт.

Модификация двигателя рассчитана на более быстрый возврат инвестиций и повышение эффективности работы в составе электростанций когенерационного цикла, а также на снижение затрат за жизненный цикл.

Энергоблоки на базе G3520H могут использоваться на промышленных, коммерческих и муниципальных предприятиях, а также в составе электростанций энергосистем распределенного производства энергии.

## В Томске строят теплонасосный завод

Компания «Экоклимат» начала в г. Томске строительство завода по производству тепловых насосов, преобразующих тепло Земли в тепловую энергию. В комплект выпускаемого оборудования будет входить теплообменник, погруженный в землю, и тепловой насос, состоящий из конденсатора, компрессора и испарителя.

Теплонасосная установка будет работать на фреоне: хладагент, закаченный в теплообменник, нагреваясь при помощи энергии Земли, поступает в компрессор, где температура газа при сжатии возрастает до 90–100 °C. Эту энергию можно направить как на обогрев помещений, так и на подогрев воды для ГВС. Теплонасосные системы «Экоклимат» уже установлены на нескольких десятках домов и соцобъектов как в Томской области, так и в других регионах страны. В настоящее время компрессоры для установок компания заказывает в Чехии, а в Томске происходит только окончательная сборка устройств. После открытия завода вся производственная цепочка сконцентрируется в Томске. Завершить строительство и запустить новый завод в эксплуатацию планируется до конца 2015 г.

## Новые твердотопливные котлы Kentatsu Furst

Компания «Даичи» представила на российском рынке новые серии стальных трехходовых твердотопливных котлов производства Kentatsu Furst (Германия-Япония) – Vulkan PR (PE) и Vulkan Max PR (PE). Котлы предназначены для систем отопления с принудительной циркуляцией теплоносителя. Диапазон мощности Vulkan PR (PE) – от 35 до 105 кВт, Vulkan Max PR (PE) – от 140 до 1188 кВт. В зависимости от серии используется твердое топливо фракцией не более 30 мм: уголь, брикетированный торф, топливные брикеты или пеллеты. Котлы имеют ручной (модификация PR) или автоматический (модификация PE) розжиг от встроенного нагревательного элемента мощностью 2 кВт.

Все котлы оснащены бункером для хранения топлива, системой его автоматической подачи, вентилятором для принудительного наддува и гравитационным шибером. Благодаря этим конструктивным особенностям, обеспечивается высокая стабильность параметров горения, а тепловая мощность может плавно регулироваться в широком диапазоне. При выключенном вентиляторе шибер прекращает подачу воздуха, что способствует значительной экономии потребления топлива. Теплообменник

из высококачественной стали имеет три хода дымовых газов, при этом третий ход образован жаровыми трубами с турбулизаторами, что повышает КПД работы и снижает выброс оксидов азота. Во избежание поломки или заклинивания топливоподающего шнека сверху бункера установлена специальная решетка, предотвращающая попадание внутрь топлива фракции, превышающей рекомендованный размер. Герметично закрывающаяся крышка бункера препятствует возникновению обратного пламени.



Модели Vulkan Max 370D–1020D оборудованы двумя топливоподающими шнеками. Двойной шнек дополнительно обеспечивает защиту системы от возврата пламени естественным образом. Котлы меньшей мощности по желанию заказчика также могут быть оборудованы двумя шнеками. Модели котлов Vulkan 30P–50P комплектуются циркуляционными насосами. К современной электронной панели управления можно подключить дополнительный терmostат или внешний контроллер. В комплект поставки входят приспособления для технического обслуживания.

## Быстрое отопление с теплогенераторами Jumbo

В 2014 г. компании Ballu и Biemmedue S.p.A. (Италия) представили российскому потребителю мобильные теплогенераторы непрямого нагрева серии Jumbo, предназначенные для просушки и отопления строительных площадок, сооружений производственного, торгового или агрокультурного назначения, быстроводимых конструкций. Новинки могут работать на газовом или дизельном топливе, имеют номинальную мощность 81, 105, 134, 174 и 221 кВт. Агрегаты Jumbo 65M, 90M и 90M/C способны каждый обогреть здание площадью до 3 тыс. м<sup>2</sup>, модели Jumbo 115M и Jumbo 115M/C – до 3500 м<sup>2</sup>, более мощные модели Jumbo 150M/T и 200M/T (или Jumbo 150T/C и 200T/C) – до 5–6 тыс. м<sup>2</sup>.

В комплект поставки входит осевой или центробежный вентилятор, который формирует мощный поток теплого воздуха, и отдельная автоматическая горелка. В зависимости от условий эксплуатации пользователь может выбрать один из трех вариантов комплектации: теплогенератор, работающий на дизельном топливе, сжиженном либо природном газе.

При установке в помещении для поддержания процесса горения предусмотрен адаптер, забирающий воздух для горелки снаружи. В

теплогенераторах серии Jumbo осуществляется предварительный нагрев камеры сгорания, исключающий попадание холодного воздуха в помещение при запуске агрегата. Адаптер для подключения одного, двух или четырех тепловых рукавов может крепиться как в верхней части прибора, так и в торцевой.

Для поддержания заданной температуры в автоматическом режиме имеется возможность подключения выносного термостата. При стационарном размещении вне помещения безопасность оборудования гарантирует специальный контейнер, защищающий его от механических и атмосферных воздействий. В ассортименте есть приборы, работающие от однофазной или трехфазной сети.

Конструкция теплогенератора обеспечивает свободный доступ к камере сгорания, что упрощает обслуживание техники и значительно продлевает срок ее службы.

Гарантия на теплогенераторы Ballu-Biemmedue серии Jumbo 3 года.





Паровые жаротрубные котлы номинальной пароизводительностью от 0,1 до 55 т/ч незаменимы на объектах промышленной и коммунальной энергетики. В составе многоагрегатных котельных установок с единой системой автоматизированного управления они способны решать задачу производства насыщенного или перегретого пара в объеме до 200 т/ч.



Рис. 1

продувочного вентиля, через который периодически спускается скопившаяся внизу грязь, а также за счет частичного обмена котловой воды уменьшается степень насыщения водяного объема котла растворенными в нем солями накипеобразователей.

Современные паровые жаротрубные котлы могут работать практически на любых видах жидкого, твердого и газообразного топлива: на природном газе, мазуте, дизеле, угле, дровах, древесных отходах. Наибольшее распространение на рынке получили газовые и газомазутные парогенераторы (см. обзор «Паровые жаротрубные котлы на российском рынке» в настоящем номере журнала).

В стандартный комплект поставки, как правило, включены 2 указателя уровня с отсечным и дренажным кранами, главный парозапорный вентиль, манометр с 3-ходовым краном, дренажный клапан, узел автоматической продувки по солесодержанию и шламоудалению. Автоматика безопасности в базовой комплектации обычно включает рабочее реле давления, реле давления, блокирующее работу котла по минимальному и максимальному давлению (с ручным сбросом), предохранительные клапаны, электронный регулятор уровня, 2 реле нижнего уровня с электродным датчиком нижнего уровня, реле верхнего уровня с электродным датчиком верхнего уровня. Опционально у большинства ведущих производителей паровых жаротрубных котлов в комплект поставки может входить деаэрационная установка, установка умягчения питательной воды, модуль питательных насосов, шкаф управления котла и экономайзер.

Питание котла осуществляется через специальные патрубки, расположенные на цилиндрической части котла или на днище барабана. Снизу котла, ближе к фронту, помещается патрубок для

водотрубными является компактность конструкции, позволяющая собирать котел полностью в заводских условиях и поставлять заказчику в виде одного блока. Кроме того, моноблочность конструкции упрощает монтаж оборудования и предоставляет возможности для модулирования многоагрегатных котельных путем добавления новых паровых котлов.

Эксплуатация современных паровых жаротрубных котлов не вызывает особых сложностей. Тем не менее они часто подвергаются воздействиям, оказывающим решающее влияние на надежность и долговечность котлов. Это, прежде всего, ошибки в проектировании и наладке, влияние со стороны потребителя и недостаточное качество воды, вызывающее коррозию или образование отложений. В статистике причин повреждений котлов недостаточная водоподготовка стоит на первом месте. Часто плохое качество воды может быть результатом ненадлежащего контроля ее параметров, отсутствия специальных знаний у персонала, ошибок в оценке результатов измерений или непринятия мер при обнаружении отклонений.

На рис. 2 показаны отложения накипи на внутренних стенах парового жаротрубного котла, приведшие к выходу его из строя. Для предотвращения повреждений из-за недостаточного качества воды требуется в первую очередь соблюдение ее параметров, указанных производителем котельного оборудования. Наряду с использованием необходимых компонентов системы водоподготовки следует также заботиться о своевременном получении достоверных данных о качестве воды. Наилучшим образом это обеспечивается с помощью полностью автоматизированных устройств анализа, которые регистрируют и контролируют такие параметры воды, как жесткость, проводимость, значение pH, чистота конденсата.

Поэтому нужно стремиться к тому, чтобы число циклов переключения горелки не превышало 4 в час. Для этого рекомендуются:

– оснащение горелки устройством регулирования, задерживающим мгновенный выход ее на максимальную мощ-

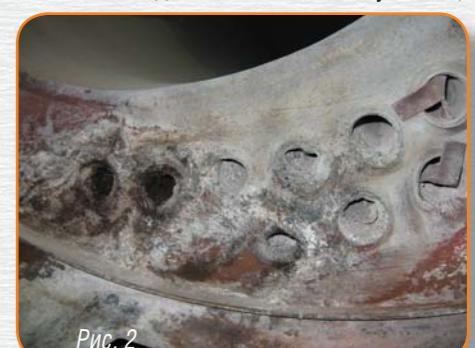


Рис. 2

щих мероприятий. При проектировании новых установок она также может иметь место, если неправильно оценены коэффициенты одновременности работы потребителей или в расчетах заложен слишком большой запас мощности.

Последствием значительно меньшего потребления пара относительно производительности котла станут частые включения и выключение горелки. Это в свою очередь вызывает температурные колебания, которые могут стать предельными, особенно у котлов с газовыми горелками и большим временем продувки.

Горелки обеспечивают в топочной камере температуру 1400–1700 °С. Во время фазы продувки, предписанной перед каждым розжигом горелки, из котельного помещения в топку поступает первичный воздух температурой 20–30 °С. Это вызывает охлаждение горячих поверхностей нагрева. Затем зажигается горелка и в большинстве случаев очень быстро получает сигнал увеличить нагрузку до максимума. В предельно малых фазах нагрузки ее снова отключают уже во время набора мощности, чтобы потом (зачастую в самом скором времени) снова продуть и разжечь.

Это вызывает различное расширение топочной камеры и обшивки котла, а значит, напряжение в конструкции. Со временем работа в таком режиме может привести к усталости материала. Страдает и экономичность, так как каждая продувка означает существенную потерю тепла.

Поэтому нужно стремиться к тому, чтобы число циклов переключения горелки не превышало 4 в час. Для этого рекомендуются:

## Эксплуатация паровых жаротрубных котлов

А. Прудников

Конструкционно паровые жаротрубные котлы представляют собой заполняемый водой цилиндрический барабан, внутри которого расположена одна или две жаровые трубы, помещенные всегда в нижней части водяного пространства для улучшения циркуляции котловой воды и повышения теплообмена. Даже современные трехходовые жаротрубные паровые котлоагрегаты имеют в основе эту структуру: у них по жаровой трубе (тупиковой топке) осуществляется первый ход дымовых газов, которые в поворотной камере направляются в конвективный пучок стальных дымогарных труб, а откуда в свою очередь поступают в газосборный коллектор в задней части котла (рис. 1). Пар, образующийся при испарении на-

греваемой воды, собирается в верхней части котла в паросборной камере, затем через паропровод направляется потребителям на отопительные или технологические нужды.

К передней стороне паровых котлов крепится фронтовая плита с отверстием для установки наддувной горелки. Довольно часто сзади котла, напротив жаровых труб, располагают гляделки (закрытые слюдой или стеклом окошки) для визуального контроля за состоянием газохода. У современных паровых жаротрубных котлов газоход обычно делается съемным для доступа к трубной решетке и чистки дымогарных труб. В газоходе имеется также люк для очищения поверхностей от остатков продуктов сгорания.

Кроме того, сухопарник создает определенные удобства в эксплуатации, позволяя концентрированно располагать на нем патрубки для крепления вентиляй паропроводов, а также предохранительных клапанов.

Питание котла осуществляется через специальные патрубки, расположенные на цилиндрической части котла или на днище барабана. Снизу котла, ближе к фронту, помещается патрубок для

### Ошибки в проектировании и наладке

Одна из главных ошибок – завышение производительности котла. Эта проблема часто обнаруживается в старых котельных, где вырабатываемое количество пара оказывается не востребованным из-за сокращения числа потребителей или в результате проведения энергосберегаю-



Рис. 3

ность при старте;

– применение регуляторов мощности, обеспечивающих возможность неограниченное время удерживать горелку на малой ступени нагрузки;

– использование горелок с широким диапазоном регулирования мощности;

– согласование мощности горелки с действительными потребностями, т. е. ее модификация или замена на менее мощную.

Другая серьезная ошибка – слишком малая разница между давлением включения и выключения горелки. Регулирование мощности парового котла осуществляется на основе данных о давлении пара в кotle. Если оно ниже минимального из заданных предельных значений, происходит включение горелки. Превышение верхнего порога вызывает ее отключение. Задание черезсчур узкого диапазона между  $P_{вкл}$  и  $P_{выкл}$  приводит к следующему:

– скачки давления вызывают частые включения и выключения горелки, а значит, описанное выше термоциклизирование со всеми его негативными последствиями;

– поддержание давления в узком диапазоне регулирования требует в при- нудительном порядке точного регулирования мощности.

Наряду с высоким износом исполнительных механизмов горелки это вызывает досрочный износ материала поверхностей нагрева.

Опыт показал, что с выставлением разницы 10–15 % между значениями давления включения и выключения горелки (в зависимости от типа ее регулятора и рабочего давления котла) относительно давления котла, данные проблемы будут устранены.

Еще одной причиной, приводящей

к износу стенок котла, является неправильная настройка регулятора мощности, когда задается слишком малое время реакции регулятора мощности и позиционирования горелки.

Современные менеджеры горения позволяют варьировать время позиционирования горелки, т. е. продолжительность перехода от малой нагрузки к большой. Одновременно посредством изменения параметров регулирования мощности можно влиять на скорость реагирования горелки на отклонения контролируемых величин от заданных значений. Однако жаротрубные котлы представляют собой сравнительно инертную систему.

Настройка регулятора мощности на слишком быстрое реагирование, возможно, в сочетании с очень малым временем позиционирования горелки ведет к быстрому генерированию тепла в жаровой трубе. Перенос этого тепла от поверхностей нагрева осуществляют, прежде всего, поднимающиеся в паровое пространство паровые пузыри. Однако их образование происходит с небольшим запаздыванием по времени. Последствиями такого несовпадения являются кратковременные местные перегревы и дополнительное термоциклизирование, ускоряющие износ материала обогреваемых стенок котла. В этой ситуации настоятельно рекомендуется доверять ввод котла в эксплуатацию с настройкой горелки и регулировочных характеристик только обученному персоналу.

Также к износу котлов приводит отсутствие программы автоматического последовательного управления много-котельными системами (рис. 3). Задача включения и выключения котлов при изменении нагрузки ложится в данном случае на оператора. Следствием возможных несвоевременных действий персонала станет ситуация, когда при вырабатывании количества пара, вполне покрываемого одним паровым котлом, другой будет часто и кратковременно включаться (описанное выше термоци-

клирование). Чтобы котлы не работали «друг против друга», наличие программы последовательного управления рекомендуется для котельных установок уже с двумя парогенераторами и совершенно необходимо для котельных с тремя и более котлоагрегатами.

Вид последовательного управления (подключение и отключение котлов в зависимости от их количества или давления пара), с одной стороны, зависит от числа котлов, с другой – от того, какие колебания давления допустимы для потребителя. При последовательном управлении по количеству пара реализуемый диапазон колебания давления может поддерживаться значительно ниже.

Также нужно обращать внимание на следующие моменты:

– парогенераторы в многокотельных установках должны быть гидравлически отделены друг от друга (например, посредством обратной арматуры), что препятствует их взаимному влиянию;

– уже при проектировании объекта для ведомых парогенераторов желательно подбирать (или заказывать) котлы с нагревательными змеевиками, находящимися в донной части. Это позволит избежать температурного расслоения котловой воды во время фазы поддержания в «горячем» состоянии.

### Опасные режимы эксплуатации и влияние потребителя

Частый запуск котла из холодного состояния обуславливает самую большую механическую нагрузку на корпус котла. Причина – большая разница температур между жаровой трубой и другими элементами внутренней конструкции котла при холодном запуске по сравнению с режимом нормальной эксплуатации при рабочей температуре.

Вызванное тепловым расширением смещение жаровой трубы относительно корпуса котла в процессе запуска ведет к значительному дополнительному напряжению. Эта нагрузка еще больше усиливается, если во время запуска невозможно никакое или возможно только очень незначительное образование паровых пузырей, что случается, например, при закрытой арматуре отбора пара. Обычно протекающей в



Рис. 4

корпусе парового котла естественной циркуляции воды не происходит, и ее температурное расслоение (внизу холодная, наверху горячая вода) вызывает дополнительное напряжение. При очень

частых холодных запусках эти переменные нагрузки могут вести к трещинам в материале или в худшем случае к его разрушению.

Основные рекомендации производителей по снижению пусковой нагрузки состоят в следующем:

– запуск котла из холодного состояния и доведение теплоносителя до рабочей температуры по возможности следует осуществлять при наименьшей мощности горелки;

– во время процесса запуска незначительное количество пара должно постоянно покидать котел, чтобы вытеснением паровых пузырей обеспечивалась естественная циркуляция воды;

– идеальный вариант – реализация автоматической пусковой схемы, которая, в зависимости от температуры воды и давления, регулирует режим работы горелки и мощность так, что нагрузки сокращаются до минимального уровня.

Еще одним негативным фактором со стороны потребителя является длительное нахождение котла в режиме Stand-by (поддержание котла в «горячем» состоянии, но без отбора пара), как это случается, например, в многокотельной системе, когда ведомый котел не используется. В зависимости от реализуемой программы управления при этом либо закрывается главный паровой вентиль, либо ведомый котел настраивается на более низкое, чем в сети, давление. В таком режиме котел переключают лишь спорадически (от случая

к случаю), чтобы компенсировать потери тепла. Если данное состояние поддерживается в течение долгого (более трех дней) периода, то в кotle начинает происходить температурное расслоение. При переводе котла в нормальный режим работы реагирующая на высокое рабочее давление (горячая верхняя область) автоматика распознает его как имеющийся в распоряжении и в случае поступления соответствующего запроса за

очень короткое время выводит горелку на работу с высокой мощностью. В сочетании с температурным расслоением это вызывает напряжение, о котором говорилось выше.

Возможное решение данной проблемы – монтаж на дне котла нагревательного змеевика, позволяющего избежать вредных температурных расслоений в толще воды. Нагрев этого теплообменника осуществляется паром, и реализовать данный вариант можно в многокотельных системах или при наличии других надежных источников пара.

Также негативно могут сказываться колебания давления в результате сильных перепадов потребления. При высоких

скоростях изменения нагрузки и сильных колебаниях давления в кotle могут образоваться неблагоприятные состояния потока. Необходимое для отвода тепла от поверхностей нагрева образование паровых пузырей может затрудняться; многие маленькие пузыри могут объединяться в большие, задерживающиеся на поверхностях нагрева и тем самым приводящие к появлению зон местного перегрева. По этой причине для котельных установок, снабжающих потребителей с резко меняющейся нагрузкой, должны быть приняты особенные меры, которые позволяют ограничить колебания давления в кotle независимо от потребителя. Вот некоторые из них:

– более высокая степень

защиты котла по давлению и применение редукционной установки, монтируемой между котлом и потребите-

лем;



Рис. 5



Официальный представитель итальянских котлов в России



ООО «Ивар  
промышленные  
системы»



ООО «ИВАР промышленные системы»  
Официальный представитель

I.VAR industry S.r.l. в России  
125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33/35  
Тел.: (495) 669-58-94,  
e-mail: [info@ivar-industry.ru](mailto:info@ivar-industry.ru)  
[www.ivar-industry.ru](http://www.ivar-industry.ru)

# Преимущества котлов I.VAR Industry по сравнению с котлами других итальянских производителей

- ✓ Дополнительная установленная изоляция с панелью на передней двери котла обеспечивает температуру всех наружных поверхностей не более 55 °C, в соответствии с ПБ10-574-03.
- ✓ Арматура ведущих Европейских производителей (ARI Armaturen, Gestra, KSB).
- ✓ Взрывной клапан встроенный в дымовую камеру для защиты котла и газохода.
- ✓ Манометры с кранами, установленные до и после питательных насосов для контроля давления согласно ПБ 10-574-03.
- ✓ Встроенный датчик температуры отходящих газов в дымовой камере для контроля эффективного КПД котла.
- ✓ Автоматическое включение резервного питательного насоса в случае выхода из строя рабочего насоса по сигналу низкого потока воды дополнительно к переключению по термореле каждого насоса, что защищает систему питательный воды от сухого хода.
- ✓ Шкаф управления на отдельно-стоящей раме с возможностью установки на удалении от котла до 5 метров.
- ✓ Подключение шкафа управления к установленным приборам и горелочному оборудованию с помощью штекерных разъемов.
- ✓ Дополнительный выключатель контрольной цепи горелки, кнопка аварийной остановки и кнопкой сброса аварий.
- ✓ После подтверждения аварийного сигнала отключается звуковая сигнализация. Контрольная лампа, соответствующая аварийному сигналу продолжает гореть до устранения неисправности.
- ✓ Автономные электронные контроллеры для двух электродов минимального уровня и одного электрода максимального уровня воды с аварийной звуковой и визуальной сигнализацией на шкафе управления.
- ✓ Электронный контроллер Aliant, встроенный в шкаф управления может автоматически контролировать работу системы во временных режимах с указанием уровня воды, часы работы каждого питательного насоса и горелки, параметры систем автоматических продувок, ступень работы горелки и температуру отходящих газов. Контроллер имеет возможность настроить автоматическое переключение питательных насосов по установленному временному параметру.
- ✓ Съемная установленная изоляция с обшивкой из алюминиевого листа на трубопроводах питательной воды для температуры всех наружных поверхностей не более 55 °C.
- ✓ Система автоматической продувки по солесодержанию управляет в автоматическом/ручном режиме и имеет электрический привод. Гидравлическая система контроля работы клапана на периодической продувки насосов исключает необходимость в системе сжатого воздуха. Система периодической продувки работает в автоматическом или ручном режиме со шкафа управления котла.
- ✓ Экономайзер, имеющий электрический привод заслонки и подключенный к шкафу управления котлом, контролирующий все параметры воды и дымовых газов во избежание перегрева и выхода из строя всех частей экономайзера.
- ✓ Главный паровой вентиль котла имеет электропривод, подключенный к шкафу управления котлом.
- Турбулизаторы изготовлены из нержавеющей стали, что существенно повышает срок их службы, снижая затраты на обслуживание котла.
- ✓ Гидравлические испытания проводятся в течении 24 часов



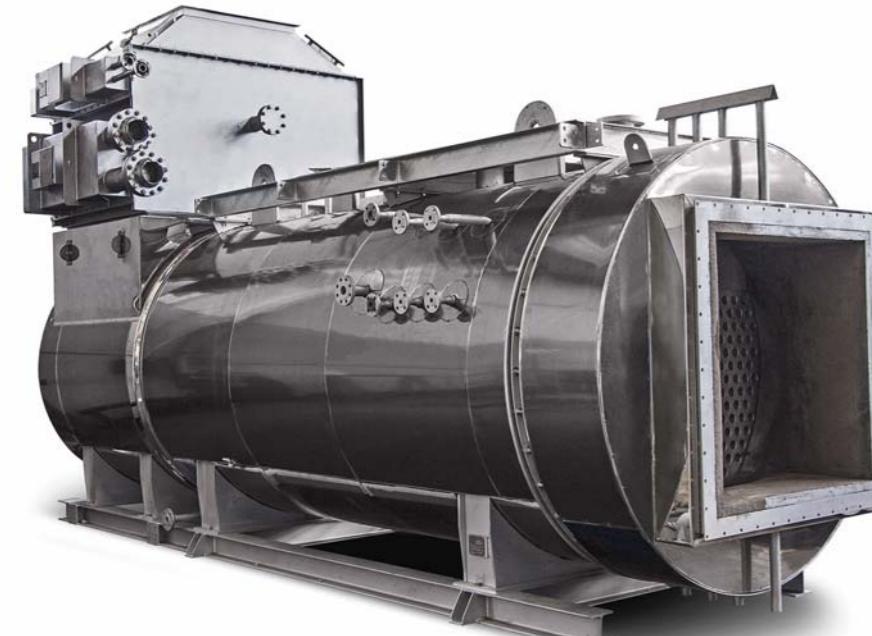
## Преимущества котлов I.VAR Industry по сравнению с котлами других ведущих европейских производителей

- ✓ При техническом оснащении и качестве сборки котла, ничем не уступающем ведущим немецким, датским, финским, голландским производителям, паровые котлы I.VAR Industry имеют наилучшее соотношение цена – качество и наиболее привлекательны с финансовой точки зрения для выбора производителя котлов.

## Преимущества котлов I.VAR Industry по сравнению с котлами российских производителей

- ✓ Котлы поставляются в полной заводской готовности со всеми электрическими, гидравлическими соединениями элементов котла, а также горелки в границах котла, что позволяет сократить сроки установки котла, исключить «человеческий фактор» ошибок при проектировании и монтаже котельной.
- ✓ Габариты котлов позволяют использовать их в ограниченном пространстве, в блочно-модульных котельных, также сокращают затраты на общестроительные работы, включая расходы на фундаменты.





В последние годы в связи со строительством в России большого числа газотурбинных ТЭС, вопросы повышения энергоэффективности вышли на передний план. В первую очередь речь идет об утилизации тепла отработанных газов с помощью котлов-утилизаторов, которые способны вырабатывать пар для турбогенераторов и обеспечивать теплом собственные потребности предприятий.

## Котлы-утилизаторы в составе паровых котельных и газотурбинных ТЭС

Т. Рысева, инж.

Несмотря на очевидную насущность повышения КПД парогенерирующих установок, обусловленную ростом российских городов, появлением новых потребителей тепла и промышленного пара в строительстве, коммунальной энергетике, нефтехимической и пищевой промышленности и т.д., на практике котлы-утилизаторы находят лишь эпизодическое применение. Связано это, прежде всего, с высокими стартовыми вложениями в модернизацию парового хозяйства.

Между тем утилизируемое тепло уходящих газов не только котельных и мини-ТЭЦ, но и многочисленных нагревательных печей, сушильных установок

и других топливоиспользующих агрегатов позволяет экономить миллионы Гкал тепловой энергии, окупить вложения в перспективе за 4–5 лет и начать приносить прибыль.

Котлы-утилизаторы, как и обычные котлы на органическом топливе, могут быть водотрубными или газотрубными. По принципу циркуляции воды различаются котлы-утилизаторы с естественной циркуляцией и прямоточные. По компоновке они могут выполняться П-образными, Г-образными, башенными и горизонтальными.

Кроме того, котлы-утилизаторы различаются по способу организации тяги: они могут работать под разрежением, наддувом или с урав-

новешенной тягой. Во всех случаях их включение или отключение не должно оказывать решающего влияния на основной технологический процесс.

При использовании низкотемпературных тепловых отходов (ниже 800–900 °C) применяют обычно конвективные газо- или водотрубные установки, а при высокотемпературных (1100 °C и выше) – радиационно-конвективные и радиационные.

### Котлы-утилизаторы зарубежного производства

В последнее время на российском рынке появилось много котлов-утилизаторов зарубежного производства. Как правило, это



Рис. 1. Паровой жаротрубный котел-утилизатор с открытой дверью

газотрубные (жаротрубные) котлоагрегаты, зачастую имеющие конструкцию, аналогичную паровым жаротрубным котлам с двух- или трехходовым движением газов (рис. 1).

Такие котлы-утилизаторы выпускают итальянские производители теплоэнергетического оборудования Bono Energia, Garioni Naval, ICI Caldaie, немецкие котлопроизводители BBS GmbH и Wolf. При работе котла дымовые газы поступают внутрь пучка труб, омываемых водой, находящейся в котле. Проходя этот пучок, они отдают тепло воде и поступают в дымоход. Благодаря поглощенному теплу, вода повышает свою температуру до парообразования и пар поступает к потребителям. К таким котлам-утилизаторам относится, например, парогенератор ICI WHB (рис. 2), который в качестве единственного источника тепла использует дымовые отработанные газы без дополнительного источника горения. Эти генераторы моноблочного типа работают в полностью автоматическом режиме и оснащены арматурой для быстрого ввода в эксплуатацию. Garioni Naval производит котлы-утилизаторы GPT для утилизации тепловой энергии, выбрасываемой в атмосферу. Они размещаются в задней части двигателя или турбины, чтобы использовать тепло уходящих газов и охлаждающую воду. Каждая модель серии GPT может утилизировать тепло сразу от нескольких двигателей. Паровые котлы-утилизаторы Vaporg (Финляндия) оснащаются одной или двумя одноходовыми дымогарными секциями. Давление поступающих выхлопных газов обуславливает про-

хождение их через котел от передней торцевой стенки к задней через дымогарные трубы, расположенные в водном объеме.

Большой интерес вызывают зарубежные паровые газотрубные котлы-утилизаторы, объединяющие функции прямой генерации пара с помощью сжигания топлива и рекуперации тепла из внешних источников – отработанных дымовых газов. Дополнительное сжигание целесообразно, если время от времени пара требуется больше, чем доступная мощность с помощью утилизации дымовых газов, или когда электрогенерирующий двигатель работает в режиме неполной занятости (суточные изменения нагрузки, сезонные простой, остановы на ремонт и пр.), а потребность



Рис. 2. Парогенератор ICI Caldaie серии WHB

в паре остается стабильной. К таким котлоагрегатам относятся парогенераторы-утилизаторы производства ICI Caldaie серии GXC (рис. 3), которые совмещают принцип сжигания топлива с тремя оборотами прохождения дымовых газов (жаротрубный трехходовой котел с омываемым днищем) и рекуперацию с прямыми отделенными и независимыми проходами дымовых газов, погруженными в ту же воду котла. По этой же схеме (сжигание + рекуперация) работают парогенераторы-утилизаторы производства Bono Energia: паровые жаротрубные котлы (серия SMR), термомасляные системы рекуперации тепла (серия HTHR) и котлы-утилизаторы на перегретой воде (серия CTHR). В ассортименте теплоэнергетической продукции



Рис. 3. Котел-утилизатор серии GXC: паровой жаротрубный котел и рекуператор тепла уходящих газов турбины в одном корпусе

вать тепло в общем диапазоне от 1 до 30 т/ч. Значительный интерес представляют водотрубные котлы-утилизаторы производства ВоПо Energia. Эта компания специально разработала котлы-утилизаторы для установки в поток отходящих газов двигателей, работающих на возобновляемом топливе (например, пальмовом масле). Водотрубные двухбарабанные котлы-утилизаторы ВоПо Energia серии СТР выдают насыщенный пар с производительностью до 60 т/ч. Они работают при температуре до 450 °C, имеют мощность до 40 МВт, выдерживают давление до 60 бар. Котлы этой серии способны оперативно реагировать на изменение мощности котельной, имеют высокую энергоэффективность при всех давлениях, легки и безопасны в монтаже. Водотрубный котел-утилизатор Garioni Naval мгновенно начинает вырабатывать пар с производительностью от 25 т/ч. Давление пара может подниматься до 60 бар, сухость пара составляет 98 %.

### Котлы-утилизаторы российского производства

В числе крупнейших российских производителей промышленных котлов-утилизаторов можно назвать такие предприятия, как Дорогобужкотломаш, ПГ «Генерация», Бийский котельный завод. Долгие годы одним из ведущих отечественных изготовителей оставался Бел-

городский завод энергетического машиностроения. В его номенклатуре можно найти как небольшие («Г-150» паропроизводительностью 0,53 т/ч с параметрами пара 0,5 МПа, 151 °C), так и достаточно мощные паровые котлы-утилизаторы («ПКК-100/45-200-5» паропроизводительностью до 100 т/ч с параметрами 4,5 МПа, 440 °C).

Первый из приведенных примеров – газотрубный котел с конвективными поверхностями нагрева, рассчитан на охлаждение газов от 360 до 168 °C при их расходе 2,3 м<sup>3</sup>/ч. Используются такие котлы-утилизаторы, например, в химической промышленности для охлаждения технологических газов в целях конденсации паров серы и получения насыщенного пара.

На рис. 4 показан более крупный котел СКУ-1/4, предназначенный также для охлаждения технологического газа и конденсации содержащейся в нем серы. Котел газотрубный, с горизонтальным расположением испарительных поверхностей, рассчитан на работу под наддувом 0,13 МПа. Образовавшийся пар проходит сепарационное устройство 4 и подается в общую заводскую магистраль. Газ после конвертера первой ступени проходит через трубную доску 5 по трубам 3 и после трубной доски 2 выходит в газовую камеру 1.

Для стока сконденсированной серы котел имеет уклон 2° в сторону

движения газов. Входная газовая камера 6, как и выходная 1, имеют разделятельные стенки (котел по газам – двухходовой), а их поверхности облицованы шамотным кирпичом.

Второй пример – пакетно-конвективный паровой котел ПКК-100/45-200 (а также менее крупный ПКК-30) используется для установки за высокотемпературными нагревательными печами или для сжигания отбросных газов производства технического угля (иногда совместно с дополнительным топливом). В этом случае объемный расход газов через котел составляет 140 тыс. м<sup>3</sup>/ч, причем расход отбросных газов, содержащих 16 % CO, может достигать 53 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Конвективные поверхности нагрева у этого котла составляют 1718 м<sup>2</sup>, поверхность пароперегревателя – 564 м<sup>2</sup>. Для снижения температуры используемых газов с 1257 до 190 °C котел обрудован экономайзером (1422 м<sup>2</sup>) и воздухоподогревателем (5720 м<sup>2</sup>), имеет естественную циркуляцию и выполнен по П-образной компоновке (рис. 5).

Особенностью таких котлов является наличие горелки 1, предназначенной для совместного или раздельного сжигания сажевого и высококалорийного газа. Сгорание происходит в выносном неэкранированном предтопке 2. Конвективные испарительные поверхности в виде ширм 5 размещены в верхней части камеры охлаждения 3. Змеевиковый пароперегреватель 4 расположен в пространстве, образованном изгибом ширм. Воздухоподогреватель 6 и экономайзер 7 размещены в опускном газоходе котла.

Важнейшей проблемой эксплуатации котлов-утилизаторов очень часто является необходимость регулярной очистки поверхностей нагрева. Дело в том, что в отходящих газах печей и других высокотемпературных технологических агрегатов имеются частицы уноса, которые находятся в твердом, жидком или парообразном состояниях. Если температура газов за топкой или за рабочей камерой  $t_{0,g}$  оказывается выше температуры плавления золы и обрабатываемого материала  $t_{pl}$ , то преобладающая часть уноса находится в парообразном состоя-

нии. Но при  $t_{0,g} < t_{pl}$  основная его часть оказывается в твердом состоянии, что и приводит к образованию отложений на трубных пучках.

Другой причиной загрязнения конвективных поверхностей нагрева является шихтовый унос в виде сыпучих и связанных отложений. Сыпучие отложения при поперечном обтекании труб образуются в основном на тыльной стороне трубы в виде клина. Эти отложения придают трубам обтекаемую форму и не увеличивают аэродинамического сопротивления трубных пучков.

Фронтальная часть труб подвержена ударам крупных частиц, поэтому на ней связанные отложения появляются лишь при малых скоростях продуктов сгорания. Связанные отложения растут непрерывно в направлении, обратном движению продуктов сгорания, что приводит к увеличению сопротивления трубных пучков.

Другим важным отличием связанных отложений от сыпучих является их механическая прочность: связанные отложения характеризуются повышенной механической прочностью на сжатие (до 20 МПа), в то время как сыпучие легко удаляются при внешнем воздействии.

Понятно, что загрязнение поверхностей нагрева существенно ухудшает условия эксплуатации теплоиспользующих установок и значительно снижает их экономичность. Кроме того, увеличение аэродинамического сопротивления из-за внешнего загрязнения поверхностей нагрева часто приводит к ограничению нагрузки, так как запас тяговых механизмов по напору и производительности обычно ограничен. Именно это обстоятельство заставляет применять обдувочные устройства, дробе-, вибро- или импульсную очистку для защиты поверхностей нагрева от загрязнений.

На старых котлах-утилизаторах, работающих еще со времен СССР, до сих пор используются обдувочные устройства завода «Ильмарине». Эти аппараты обеспечивают динамическое давление, необходимое для удаления отложений: 200–250 Па – для неслипшихся или 400–500 Па – для уплотненных отложений.

Особенностью котлов такого типа, изготовленных на Барнаульском котель-

Рис. 5. Продольный разрез пакетно-конвективного котла

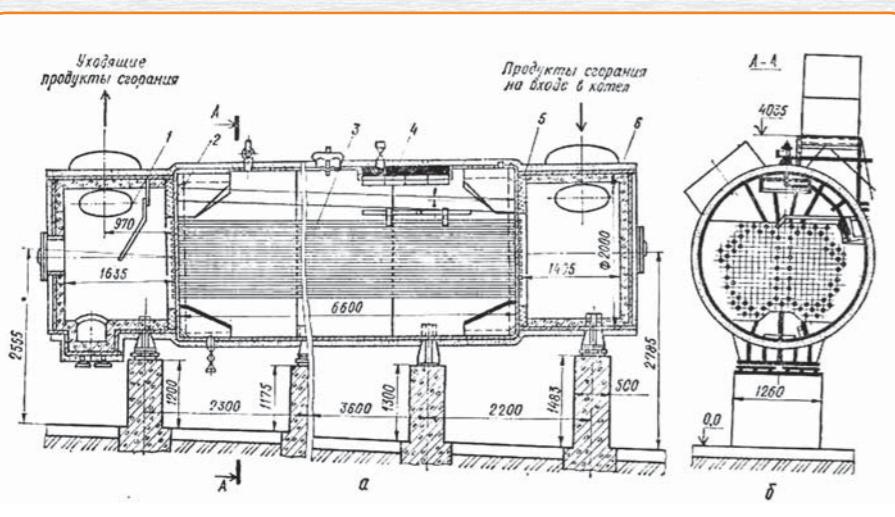
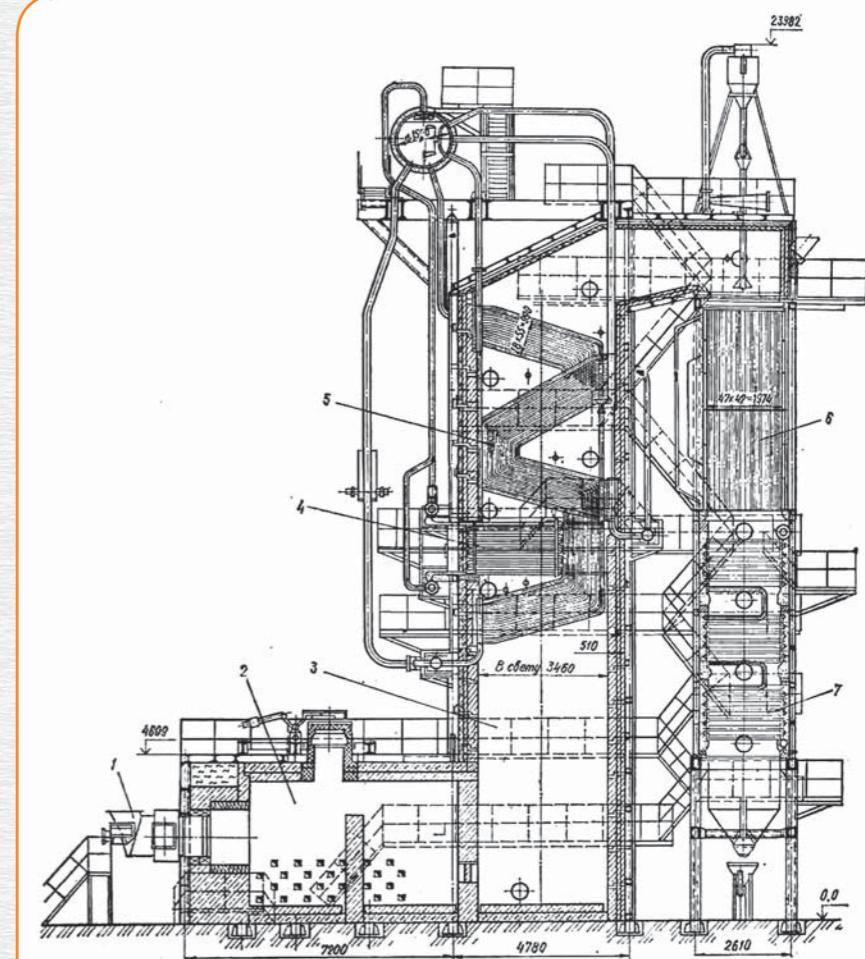


Рис. 4. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы котла типа СКУ-1/4

ном заводе, является наличие дробеочистки (4), которая потребовалась для очистки поверхностей нагрева экономайзера (5 и 7) и воздухоподогревателя (6 и 8) от легкоплавкого шихтового уноса. Мелкодисперсность и игольчатая структура твердых частиц шихтового уноса при запыленности газов 20–30 г/м<sup>3</sup> вызывала образование уплотненных отложений даже при низких температурах.

Котел с естественной циркуляцией имеет паропроизводительность 25 т/ч при давлении 4 МПа и температуре перегретого пара 450 °C. Газы из отражательной печи температурой 1250 °C подаются снизу топочной камеры (1) (точнее – экранированного газохода, так как горелочные устройства в топке отсутствуют). Котел оборудован барабаном-сепаратором (2) и пароперегревателем (3).

Кроме теплоты отходящих газов для получения пара в котлах-утилизаторах, иногда используется непосредственно

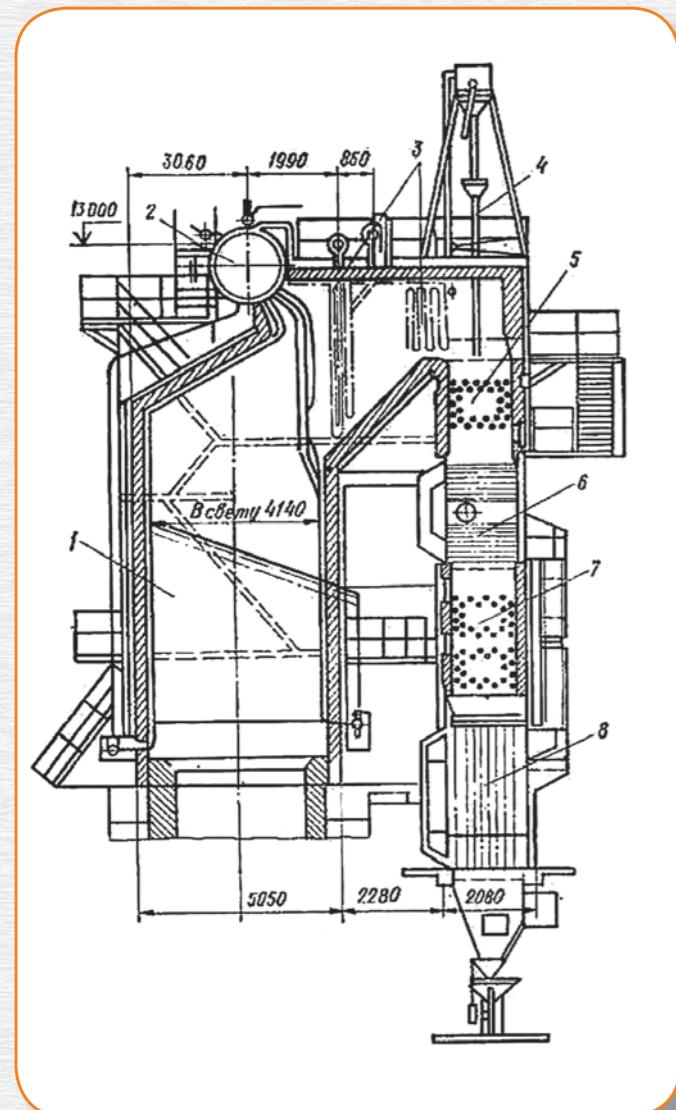


Рис. 6. Продольный разрез радиационно-конвективного котла типа УКЦМ-25/40

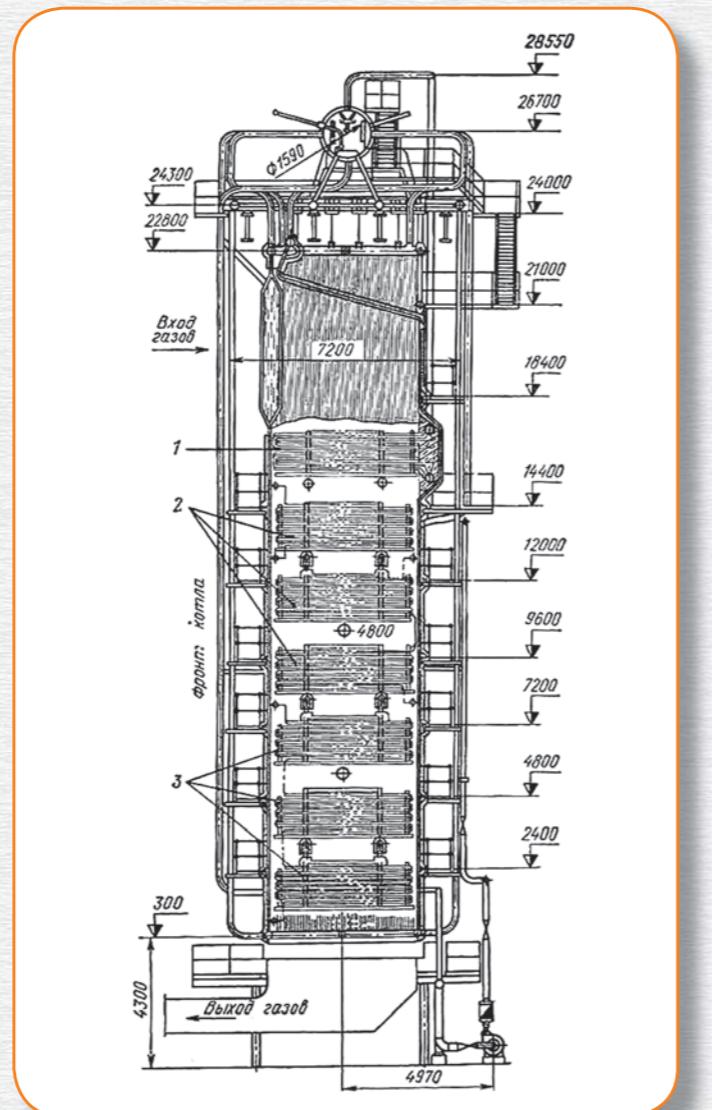


Рис. 7. Котел КСТК-35/40 для использования теплоты горячего кокса

тепло технологического продукта. Так, например, при производстве кокса на выходе из печи он имеет температуру 1100–1150 °С. Через этот кокс, опускающийся в камере-бункере, прокачивается сравнительно холодный нейтральный теплоноситель (CO<sub>2</sub> или N<sub>2</sub>), который, охлаждая кокс, нагревается. Перед тем как этот теплоноситель снова поступит в камеру для сухого тушения кокса, его требуется охладить. Для этих целей и был разработан котел КСТК-35/40-100 (котел сухого тушения кокса), показанный на рис. 7. Его паропроизводительность – 32 т/ч, давление пара – 4 МПа при температуре 440 °С. Котел башен-

ного типа, но с верхним подводом газов. Температура газов на входе – 800 °С, на выходе – 150 °С. По ходу газов (сверху – вниз) последовательно расположены пароперегреватель 1, испарительная поверхность нагрева 2, экономайзер 3. Расчетный расход газов через установку – 100 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Из приведенного описания следует, что этот котел не просто использует тепло отходящих газов, а является непосредственно частью технологического процесса.

В заключение следует отметить: интенсификация технологических процессов и повышение единичной мощно-

сти печных устройств приводят к увеличению уровня температур в печи и, следовательно, к повышению температуры отходящих газов. Эти производственные тепловые отходы представляют собой мощный резерв вторичных энергетических ресурсов, которые должны быть использованы для получения горячей воды и пара. Экономия невозобновляемого органического топлива за счет широкого внедрения котлов-утилизаторов на предприятиях промышленности обеспечит снижение удельных затрат энергии на производство продукции до уровня, который уже достигнут в Японии, США и в большинстве европейских стран.

М П Н У



60 ЛЕТ

ОАО «МПНУ ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ»

СТРОИТЕЛЬСТВО КОТЕЛЬНЫХ «ПОД КЛЮЧ»  
БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ И КРЫШНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ  
МИНИ-ТЭЦ  
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ  
ПОСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ТЭО  
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ  
СДАЧА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ  
ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТА  
ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ



М П Н У



60 ЛЕТ

115054, г. Москва, ул. Валовая, д. 29  
Коммерческий отдел тел.(495)411-44-55  
Тел./факс (495)959-27-38  
www.mprnu.ru sale@mprnu.ru

# Реагентная защита пароконденсатного тракта от коррозии

О. Гусева, к.т.н., зам. начальника отдела водоподготовки НПФ «Траверс»

**Насыщенный пар находит самое широкое применение в промышленной и коммунальной энергетике. Поэтому на парогенерирующих объектах предприятий важнейшей задачей сегодня становится разработка и поддержание водно-химических режимов паровых котлов и котлов-utiлизаторов, обеспечивающих ограничение или полное предотвращение процессов коррозии в парогенераторах и пароконденсатных трактах.**

**Н**адежность работы парового хозяйства предприятий, включающего, как правило, паровые жаротрубные или водотрубные котлы, котлы-utiлизаторы, теплообменники-рекуператоры и паропроводы, доставляющие насыщенный пар потребителям, зависит от организации водно-химического режима, назначение которого в первую очередь ограничить или полностью предотвратить коррозию поверхностей. При всем разнообразии видов коррозии на отдельных участках тракта преобладают те или иные ее виды; на них обычно и сосредотачиваются меры противодействия.

Наиболее распространенным видом коррозии пароконденсатного тракта является углекислотная. На отечественных тепловых электростанциях с барабанными котлами основной водный режим – это режим с дозированием аммиака (и гидразина на блоках высокого давления) в конденсатно-питательный тракт. Такой режим нельзя считать оптимальным для теплозергетических промышленных установок с разнородными конструкционными материалами и разветвленными тепловыми схемами. Кроме того, в ряде случаев промышленные потребители не допускают наличие аммиака в паре.

Участки основного и теплофикационного циклов, включая системы транспортировки, распределения и потребления пара и конденсата различаются не толь-

ко конструкционными материалами, но и температурой, давлением и составом примесей воды, пара и конденсата. В связи с этим необходимо при выборе реагента учитывать многообразие факторов, влияющих на его эффективность. Ниже будут рассмотрены результаты работы по предотвращению коррозии пароконденсатного тракта котлов-utiлизаторов двух установок цеха каталитического производства ОАО «Славнефть- ЯНОС»: установки каталитического риформинга (КР-600) и установки выделения индивидуальных ароматических углеводородов (Л-35/6-300).

Для подпитки обоих котлов-utiлизаторов используется смесь химочищенной воды, поступающей из сетей завода, конденсата турбины циркуляционного компрессора и конденсатов водяного пара от теплопотребителей установки. Качество воды, поступающей в деаэратор котлов, удовлетворяет тре-

бованиям по жесткости воды, но показатели щелочности, pH и солесодержания зависят от соотношения смешивающихся потоков воды и конденсатов. Кроме того, питательная вода характеризуется повышенным содержанием железа, что связано с поступлением продуктов коррозии с потоками конденсата.

Для предотвращения углекислотной коррозии пароконденсатного тракта котлов-utiлизаторов были выбраны реагенты Аминат ПК-1 и Аминат ПК-2, разработанные специалистами ООО НПФ «Траверс». Реагенты представляют собой смесь трех нейтрализующих аминов, композиции которых в различных соотношениях обеспечивают равномерную защиту трубопроводов и оборудования по всему тракту.

Дозирование реагентов контролировалось по значениям pH и содержанию железа в возвращаемом конденсате, а эффективность применения данных реагентов в

первую очередь оценивалась по их влиянию на качество пара и конденсата. На основании промышленных испытаний были определены оптимальные дозы реагентов, обеспечивающие значительное ограничение скорости коррозии трубопроводов и оборудования в пароконденсатном тракте котлов обоих установок.

При контроле дозирования реагентов определялось также содержание нейтрализующих аминов по всему конденсатно-питательному тракту. Определение содержание аминов проводилось с помощью сертифицированной методики

фотометрическим методом. Для оценки эффективности применяемых реагентов были установлены индикаторы коррозии на линии возвращаемого производственного конденсата. Коррозионная стойкость углеродистой стали Ст. 20 в условиях дозирования обоих реагентов становилась высокой и очень высокой в зависимости от марки и дозы реагентов. Кроме того, проведенный анализ состава образующейся защитной пленки методом ИК-спектроскопии показал наличие связей железа с органическим азотом и углеродом. Это свидетельствует о том, что замедление скорости коррозии при дозировании реагентов Аминат ПК-1 и Аминат ПК-2 обусловлено не только нейтрализацией углекислоты в паре и конденсате, но и образованием защитной пленки, препятствующей протеканию процессов коррозии.

Другим примером использования реагента Аминат является внедрение коррекционного водно-химического режима паровых котлов ОАО «Каменская БКФ». Отсутствие коррекционной обработки питательной воды паровых котлов котельной этого предприятия приводило к повышенной агрессивности пара и его конденсатов и, как следствие, к интенсивной коррозии трубопроводов и оборудования пароконденсатного тракта котлов. Такое положение потребовало разработки технологической схемы для определения коррекционного водно-химического режима котлов в целях защиты парового и конденсатно-питательного тракта от коррозии.

Для задания подобного режима паровых котлов котельной ОАО «Каменская БКФ» был выбран реагент Аминат ПК-1. В ходе наладочных работ рассчитывалось содержание углекислоты в насыщенном паре и определялась доза реагента Аминат ПК-1, необходимая для корректировки pH конденсатов до значения 8,5. Реальная доза реагента складывалась из расчетной дозы и избытка, который изменяли во время испытаний для определения оптимальных условий подавления коррозионных процессов. По результатам наладочных работ были определены эффективные дозы реагента Аминат ПК-1 при различных величинах щелочности умягченной воды, которые составляли от 8 до 14 мг/дм<sup>3</sup> при колебаниях щелочности от 0,6 до 1,1 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Эффективная доза по активному веществу рассчитывалась в зависимости от концентрации углекислоты в насыщенном паре по формуле

$$ДПК-1 = 1,5 \left( \frac{C_{\text{угл.}}}{2} \right)$$

Доказано, что эффективные дозы реагента Аминат ПК-1 повышали pH возвращаемых конденсатов до значений 8,8–9,0, обеспечивая условия практически полного предотвращения процессов коррозии в пароконденсатном тракте паровых котлов. При этом содержание соединений железа в конденсатах уменьшалось до значений ниже нормируемых (не более 100 мкг/дм<sup>3</sup>). Была определена зависимость солесодержания насыщенного пара от дозы реагента Аминат ПК-1 для паровых котлов котельной ОАО «Каменской БКФ», и было установлено, что увеличение солесодержания свыше 1000 мкг/дм<sup>3</sup> при дозировании реагента не связано с нарушением водно-химического режима котлов. Полученная зависимость показывает определяющую роль переноса летучих компонентов реагента Аминат ПК-1 в пар.



**Компактный, универсальный прибор для анализа выбросов в атмосферу**

**testo 340:** эффективный анализатор дымовых газов для промышленного применения

- Автоматическое расширение измерительного диапазона и защита сенсора
- Измерение концентрации O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>
- Расчет массовых выбросов в режиме реального времени
- Удобство применения при проведении всех видов сервисного обслуживания



В развитии газотурбин малой мощности основным приоритетом сегодня является снижение стоимости жизненного цикла за счет повышения экономичности и уменьшения количества деталей и узлов (прежде всего, лопаточных ступеней). Таким требованиям полностью удовлетворяют радиальные ГТУ, которые заняли прочную нишу на рынке энергетического оборудования для многоагрегатных теплоэлектростанций (до 10–12 МВт).

## Радиальные турбины для многоагрегатных ТЭС

При разработке новых или модернизации существующих моделей газотурбинных установок, предназначенных для стационарных многоагрегатных теплоэлектростанций, ведущие мировые производители находят решения, позволяющие повысить коммерческую доступность изделий. Этому способствует, во-первых, применение освоенных параметров цикла, технологий и материалов. Упрощение конструкции, радикальное сокращение количества ступеней лопаточных машин, переход на одновальный, с высокой степенью сжатия газогенератор – все это снижает стоимость газотурбинного двигателя и его жизненного цикла. Во-вторых, повышению рыночной привлекательности способствует снижение эксплуатационных расходов – как топлива (повышается КПД установок), так и масла (путем снижения числа подшипниковых опор,

переноса их в относительно холодную часть). В-третьих, за счет малого количества деталей, требующих обслуживания, современных систем автоматизации установок, позволяющих управлять двигателями дистанционно, а также высокой долговечности и технологичности газотурбин в целом снижаются общие эксплуатационные расходы – большинство выпускаемых сейчас ГТУ малой мощности не требуют постоянного обслуживающего персонала.

### Осевые и радиальные турбины

Современные энергетические газотурбинные установки можно разделить на две большие группы: конверсионные (на базе авиационных и судовых ГТД) и промышленные. Первые – это легкие установки, отличающиеся более точным управлением, меньшими требованиями к вспомогательной инфраструктуре, но и

меньшим ресурсом. ГТУ второй группы значительно более тяжелые, как правило, это одновальные установки. Они имеют тяжелый жесткий вал, лопатки постоянного профиля на основном протяжении проточной части, что обеспечивает их надежность, а также снижение стоимости и эксплуатационных затрат. Основным охладителем рабочих и сопловых лопаток турбины является воздух внешней системы. Такими ГТУ предъявляются наиболее высокие требования к монтажным рабо-



там и инфраструктуре, но при этом они имеют и более продолжительный срок службы.

Преобладающее большинство установок обеих групп содержат осевую конструкцию. Основными мировыми поставщиками осевых энергетических ГТУ в диапазоне мощности до 6 МВт являются компании Siemens, MAN Diesel&Turbo, Mitsubishi Heavy, Solar, Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Kawasaki и др. Среди отечественных производителей ведущие позиции занимают фирмы, разрабатывающие и изготавливающие авиационные газотурбинные двигатели, например ОАО «Авиадвигатель», НПО «Сатурн» (Группа ОДК), Пермский моторный завод и др.

Для достижения необходимой степени сжатия воздуха перед камерой сгорания (10 рк и выше) осевые установки имеют большое количество ступеней компрессора (более десяти). У турбины – две (и более) ступени, оснащенные лопатками сложной охлаждаемой конструкции. Воздух для охлаждения лопаток должен иметь необходимую температуру и чистоту, так как засорение охлаждающих каналов приводит к снижению производительности и ресурса осевых турбин. Соответственно, требуется дополнительная система подготовки воздуха. Осевая конструкция предполагает большие осевые размеры ротора, поэтому половина его опор находится в горячей части двигателя, что увеличивает количество уплотнений и приводит к увеличению невозвратных потерь смазывающего масла (угар), а также вынуждает использовать дорогостоящие синтетические масла.

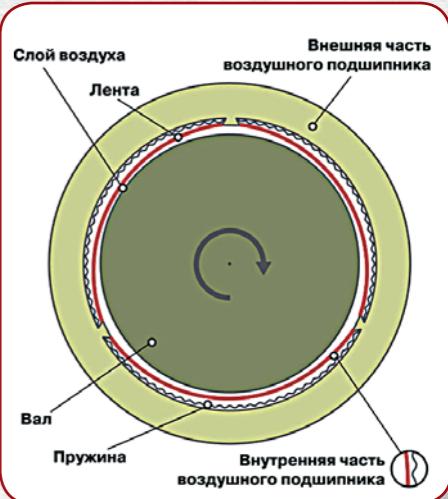
Кроме осевых, существует класс радиальных турбин, в которых газовый поток движется перпендикулярно оси. Увеличение мощности таких турбин ограничивается их радиальными размерами, поэтому мощность существующих турбин данного типа не превышает 2 МВт. Радиальные турбины имеют одноступенчатый центробежный компрессор и одноступенчатую центро斯特ремительную турбину. Поскольку степень повышения давления в них относительно невысокая (до 7 рк), снижается потребность в повышении давления подачи газообразного топлива. Рабочее колесо и сопловой аппарат радиальной турбины неохлаждаемые, поэтому требования к цикловому воздуху и топливу

не такие жесткие, как для осевых турбин.

Поскольку двигатели радиального типа имеют небольшие осевые размеры, в них применяется консольное крепление ротора с опорами в холодной части двигателя, что значительно увеличивает срок эксплуатации подшипников и сводит расход масла на угар практически к нулю. Радиально направленное движение рабочего тела позволяет применять камеру сгорания с вынесеными жаровыми трубами. Это повышает степень ремонтопригодности двигателя, а также делает его конструкцию более доступной для применения рекуперативной схемы.

### Радиальные газотурбины норвежской школы

Радиальные газовые турбины, обладающие минимальным количеством ступеней и ответственных деталей и узлов, компактные, с высокой степенью надежности. Они имеют низкую стоимость монтажа и технического обслуживания, межремонтный интервал составляет не менее 8 тыс. ч, ресурс до капремонта – не менее 40 тыс. ч. Но в отличие от осевых ГТУ, предложение на рынке радиальных установок достаточно ограничено. В первую очередь это связано с малым количеством передовых конструкторских школ, развивающих данное направление. Но действующие находят большие коммерческие возможности на рынке тепло-, электроэнергетики. Одна из таких конструкторских школ – норвежская. В 1964 г. в Главном норвежском промышленном конгломерате был спроектирован и поставлен на рынок первый в мире радиальный газотурбинный двигатель промышленного применения. Основателем и руководителем данного направления был Ян Мовил, продолжающий до настоящего времени совершенствовать свои разработки. В 1991 г. он основал в Нидерландах новую компанию – OPRA Turbines, и в 2003 г. была выведена на рынок современная газовая турбина OP16, обладающая уникальными техническими и эксплуатационными характеристиками (рис. 1). Во-первых, она специально разработана для районов с холодным климатом (до  $-60^{\circ}\text{C}$ ), а во-вторых, способна работать на проблемных видах топлива, как газообразных (попутный нефтяной газ, биогаз, синтез-газ), так и на жидким



(биодизель, этанол, отработанное масло). Установки OP16-3 имеют 4 камеры сгорания, электрическая мощность составляет 1,85 МВт (по ISO), электрический КПД – 26 %. Степень повышения давления компрессора – 6,7. Впоследствии топливная камера энергоустановки OPRA была усовершенствована для работы на еще более широком спектре жидкого и газообразного топлива, включающем тяжелые пиролизные масла, нефть и низкокалорийный биогаз (см. статью «Пиролизное топливо для газотурбин малой мощности». – Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. – 2013. – № 5 (20)).

Проточная часть данного радиального газотурбинного двигателя обеспечивает высокую эксплуатационную надежность установки и снижает чувствительность к попаданию мелких твердых частиц, содержащихся в пиролизном топливе. Значительным изменениям подверглась топливная система: механическая форсунка высокого давления, обычно применяемая в аналогичных системах, была заменена на пневматическую, которая способна работать на топливе с более высокой кинематической вязкостью (порядка 10 сСт). Кроме того, пневматическая форсунка не нуждается в дополнительной подаче сжатого воздуха или пара, что обычно является обязательным при работе на топливе, близком по свойствам к пиролизному. При разработке камеры сгорания для сжигания пиролизного топлива за основу была взята стандартная конфигурация камеры ЗА, поскольку ее конструкцию можно было легко доработать, с тем



чтобы увеличить эффективную площадь и изменить распределение воздуха. В ходе проведенных в 2013 г. стендовых испытаний опытного образца топливной системы были получены положительные результаты при работе на этаноле и тяжелом пиролизном масле в соотношении 20 % этанола и 80 % пиролизного масла. После некоторых усовершенствований системы подачи топлива, пневматической форсунки, конструкции камеры сгорания новая топливная система была успешно испытана на газотурбинном двигателе, не потребовав никаких изменений в его конструкции. В настоящее время газовые турбины ОР16-3, способные стablyно работать на тяжелом пиролизном масле (100 %) и низкокалорийном биогазе с низкой теплотворной способностью (до 10 МДж/кг), уже поступили на рынок. Всего же в настоящее время реализовано около 100 установок ОР16-3 (около 60 из них – в России), которые в общей сложности наработали около 2 млн ч.

Помимо разработок ОР16, на заводе компании Kongsberg в Норвегии было выпущено около 1000 радиальных двигателей KG2 (сегодня Kongsberg является частью американской компании Dresser-Rand). Менее мощные газовые турбины MT250, MT333 изготавливаются на заводе фирмы FlexEnergy (США), который до 2011 г. принадлежал компании Ingersoll-Rand (длительное время владевшей Dresser-Rand). Турбину MT250 также можно отнести к норвежской школе, поскольку она имеет схожие с KG2 основные конструктивные решения – отличия лишь в мощности (250 кВт по ISO), размерах и наличии рекуператора, обеспечивающего электрический КПД более 30 %. С 2004 г. газотурбины MT250 изготавливаются серийно; за прошедшие годы они

хорошо себя зарекомендовали при работе на разнообразных видах газового топлива в различных климатических широтах. Конструкция установок FlexEnergy выполнена по классической схеме, с высоконадежным планетарным редуктором и синхронным генератором 0,4 кВ. Опоры двигателя с подшипниками качения расположены в холодной части двигателя. По сравнению с «сухими» подшипниками к ним предъявляются менее жесткие требования по защите от пыли. Объединенная система смазки предусматривает замену жидкости один раз в год. Двигатель MT250 оснащен рекуператором пластинчатого типа (Plate-Fin). Конструкцией MT250 сразу предусмотрена установка внутри корпуса штатного водогрейного теплообменника (до 0,3 Гкал/ч) и дожимного компрессора для природного газа.

Еще одной разработкой условно норвежской школы является радиальная газовая турбина KG2-3E электрической мощностью 1,8 МВт с электрическим КПД 16 %, которую выпускает компания Dresser-Rand (США). Двигатель имеет одну жаровую трубу, степень повышения давления в компрессоре – 4,5. Следующее поколение двигателя KG2-3G обладает более высоким электрическим КПД (26 %) и малыми выбросами NOx и CO. Степень повышения давления в компрессоре – 7, количество жаровых труб увеличено до 4-х штук. Пилотный образец KG2-3G был поставлен в 2012 г. для немецкой компании Wingas Transport GmbH.



Все газотурбины норвежской школы являются полнорадиальными, одновальными, с планетарным редуктором и синхронным генератором, выполненные в соответствии с промышленными стандартами.

## Радиальные турбины малой мощности – микротурбины

Другое направление развития радиальных турбин малой мощности – микротурбины. Микротурбинный двигатель состоит всего из одной движущейся детали – вращающегося вала, на котором соосно расположены электрический генератор, компрессор и непосредственно турбина. Это дает возможность повысить конструктивную компактность изделий: так, например, у микротурбинных установок Capstone в одном корпусе размещены компрессор, камера сгорания, рекуператор, непосредственно турбина и постоянные магниты электрогенератора. Установка не использует редукторы или другие механические приводы. Преобладающее большинство микротурбин содержит легкий ротор на «сухих» опорах – воздушных подшипниках. Электроэнергия вырабатывается по следующей схеме: первичная выработка тока высокой переменной частоты (до 1600 Гц), затем его преобразование в постоянный ток и далее – в переменный ток частотой 50 (60) Гц.

Разработка микротурбин с использованием воздушных подшипников началась в 1990 г. (впрочем, американская компания Honeywell разрабатывала турбокомпрессор с ротором на компактных «сухих» опорах еще в 80-х гг. прошлого века). Наибольших успехов в этой сфере добилась американская компания Capstone Turbine Corporation, которая предложила инновационный двигатель с применением воздушных подшипников, за счет которых достигается рекордная скорость вращения вала – 96 тыс. об/мин.

Воздушные подшипники поддерживают вал ротора генератора в подвешенном бесконтактном состоянии (рис. 2). Они имеют два компонента: внешняя часть из особого высокотемпературного сплава цилиндрической формы, а внутренняя часть представляет собой тонкую волнообразную окружность, выполняющую роль пружины, под которой расположена лента. Пружины создают силу противодействия лентам и воздуху, что позволяет валу газовой турбины находиться в устойчивом положении на воздушных подушках. Благодаря особой аэродинамической форме подшипника, при скорости вращения свыше 2 тыс. об/мин образует-

ся воздушная пленка, которая отделяет вал от ленты подшипника и защищает его от износа. Эта инновация дает возможность отказаться от использования масла, высокий расход которого у других видов оборудования составляет значительную часть эксплуатационных затрат. Кроме того, малое количество сопрягаемых частей снижает до минимума риск повреждения деталей турбогенератора и обеспечивает высоконадежную безопасную работу установки в течение длительного времени. Именно поэтому срок службы микротурбины до капитального ремонта составляет от 40 до 60 тыс. ч, а периодичность проведения плановых сервисных работ – каждые 8 тыс. ч, т. е. не чаще одного раза в год. За счет высокой частоты вращения вала и воздушных подшипников достигается низкий уровень шума и вибраций энергоустановки.

Генератор охлаждается набегающим потоком воздуха, что исключает необходимость организации системы жидкостного охлаждения и решения проблем, связанных с ее эксплуатацией. Низкие рабочие температуры снижают уровень эмиссии окислов азота, благодаря чему уровень выбросов CO и NOx не превышает 9 прт, что позволяет отнести микротурбины к одному из самых экологически чистых источников генерации энергии. Воздухо-воздушный теплообменник (рекуператор) в конструкции микротурбин использует тепловую энергию выхлопа для предварительного нагрева воздуха в камере сгорания и тем самым позволяет снизить объем потребляемого топлива практически в два раза, поэтому микротурбины имеют самый высокий для газотурбинных электростанций электрический КПД – до 35 %.

Благодаря высокой степени автоматизации энергосистема на базе микротурбин может функционировать без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Контроль над работой микротурбинных установок осуществляется посредством микропроцессорной системы автоматического управления через GSM модем, координирующий работу газовых турбин вне зависимости от их расположения. Это позволяет размещать автономные электростанции в труднодоступных районах на необслуживаемых объектах, таких как

радиорелейные станции и линейная часть газопроводов.

Различные модификации микротурбинных установок дают возможность индивидуального подхода к решению задач автономного энергоснабжения разных групп потребителей. На российском рынке большим спросом пользуются микротурбины компании Capstone номинальной мощностью 30 (C30) и 65 (C65) кВт. Они имеют высокооборотный легкий ротор на «сухих» опорах с подшипниками лепесткового типа. Из недавних проектов с использованием этого оборудования можно назвать реконструкцию котельной в районе Авдотино в г. Иваново, где была установлена когенерационная установка Capstone C65 (рис. 3). Микротурбина оснащена встроенным теплоутилизатором и работает параллельно с электрической сетью в качестве основного источника электроэнергии для собственных нужд теплоэнергетического объекта. Для подготовки топлива на входе в турбину используется дожимной компрессор COMPEX 4 мощностью 4 кВт. КПД установки в режиме когенерации может достигать 90 %, при этом тепло от микротурбины направляется в общий контур котельной, повышая энергоэффективность объекта. Уровень вредных выбросов установки по CO и NOx не превышает 9 прт, что позволило разместить микротурбину в жилом районе без использования систем очистки выхлопа и сооружения высоких дымовых труб. Модернизация котельной была осуществлена в рамках подготовки к отопительному сезону 2014–2015 гг. в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ № 1221 от 31 декабря 2009 г., обязывающего при строительстве и реконструкции котельных мощностью свыше 5 Гкал/ч использовать когенерационные установки. Данная котельная мощностью 19 Гкал обеспечивает теплом и горячей водой 18 жилых многоквартирных домов и 26 нежилых помещений, в том числе социально значимые объекты – детский сад и школу-интернат. В ближайшее время предполагается увеличение нагрузки на котельную за счет присоединения новых потребителей – еще одного детского сада и многоквартирного дома. Поэтому в 2015 г. планируется установить вторую микро-



турбину мощностью 65 кВт, что позволит предприятию полностью обеспечить себя электроэнергией и исключить зависимость от перебоев в сети.

В последнее время в России и странах Таможенного союза значительным спросом стали пользоваться более мощные установки Capstone – C200 (номинальной мощностью 200 кВт) с более тяжелым ротором. В них применяются те же конструкторские решения, что и на малых машинах C30 и C65. Установками C200 комплектуются агрегаты C600, C800, C1000 (известные в России как комплектные электростанции ENEX, рис. 4). Данные энергоблоки дают возможность постепенного наращивания мощности в зависимости от нужд заказчика: в каждой установке ENEX предусмотрено пять ячеек под габариты микротурбины C200. Поэтому, если при проектировании энергообъекта исходная потребность в электроэнергии составляет 200 или 400 кВт, но в дальнейшем планируется увеличение мощности до 600 или 800 кВт ввиду появления новых потребителей, их энергообеспечение не вызовет сложностей ни с точки зрения подключения к системе, ни в плане согласования с надзорными органами. В этом случае в пустующие ячейки модуля можно будет просто добавить дополнительные блоки C200, что при переменной нагрузке теплоэлектростанции серьезно увеличит срок эксплуатации всей системы, поскольку возможно резервирование энергоблоков, например при сезонном или даже суточном снижении потребления. В составе микротурбинной ТЭС будет работать один или два модуля C200 (а остальные «простаивать»), в итоге общий износ оборудования равномерно распределится на все модули теплоэлектростанции.



Будучи сами по себе многоагрегатными, комплектные теплоэлектростанции ENEX (C1000) могут быть объединены в энергообъекты на базе нескольких таких установок. В этом случае открываются неограниченные возможности резервирования работы отдельных модулей. В октябре 2014 г. в Республике Беларусь был завершен именно такой проект на Слуцком сырорельском комбинате. Объект включает четыре микротурбинные систе-

мы Capstone серии C1000 совокупной электрической мощностью 4 МВт, размещенные на открытой площадке под навесом (рис. 5, 6), и паровые котлы-утилизаторы, расположенные в здании мини-ТЭС. КПД теплоэлектростанции в режиме когенерации не ниже 90 %, при этом суммарная тепловая мощность объекта с учетом утилизируемого тепла выхлопа микротурбин достигает 10 Гкал/ч. Реализация данного проекта позволила предприятию полностью обеспечить себя тепловой и электрической энергией, а также сделать энергетический задел для снижения себестоимости энергоресурсов при планируемом наращивании объемов производства продукции, предназначенной на экспорт. Вырабатываемое электричество используется для нужд современных автоматизированных производственных линий и другого высокотехнологичного оборудо-

ования, а тепловая энергия ТЭС в виде пара находит применение в технологических процессах, а также для организации отопления производственных помещений в отопительный период. Ранее теплоснабжение сырорельского комбината было организовано от котельной соседнего мясокомбината, которая не обеспечивала необходимые для производства параметры теплоносителя.

Кроме того, значительная протяженность теплотрассы приводила к ежегодным потерям в объеме более 1300 т условного топлива. Мини-ТЭС на базе микротурбин, созданная на территории комбината, обеспечивает снабжение технологических процессов паром требуемых параметров, а также сводит его энергозатраты к минимуму: по подсчетам, введение в строй микротурбинной мини-ТЭС уменьшит затраты на тепло и энергию Слуцкого сырорельского комбината на 50 %. Планируемый срок окупаемости объекта — 4 года.

## Новости когенерации

### Японские ветродизели на Камчатке

ОАО «РАО Энергетические системы Востока», правительство Камчатского края и японская правительственная организация по разработке новых энергетических и промышленных технологий Nedo подписали меморандум о взаимопонимании, предусматривающий реализацию проекта по строительству ветроэнергетического комплекса в изолированном от центральной энергосистемы пос. Усть-Камчатск.

В рамках проекта японская сторона в лице Nedo, а также компаний Mitsui & Co, Komaihaltec Inc. и Fuji Electric Co., несет основные расходы, связанные с изготовлением и поставкой трех ветроэнергетических установок мощностью 300 кВт каждая, а также со строительно-монтажными работами в Усть-Камчатске. Помимо этого, в соглашении оговорено, что технологические процессы будут управляться посредством автоматизированных систем, а в пределах участка установят комплекс программно-аппаратных средств для стабилизации показателей сети, а также оборудование для утилизации лишней электроэнергии. Правительство Камчатского



края осуществляет общую координацию проекта, содействует решению общеорганизационных и земельных вопросов. РАО ЭС Востока несет расходы по таможенным сборам и платежам по импорту, а также транспортировке оборудования. На основе полученной от российских партнеров информации японские компании разработали ТЭО проекта интеграции новых энергообъектов в изолированную энергосистему Усть-Камчатска. За счет средств Nedo были разработаны и произведены усовершенствованные для работы в холодном климате ветроэнергетические установки. Оборудование уже доставлено в Петропавловск-Камчатский, прошло таможенное оформление и готово к транспортировке в Усть-Камчатск. На стройплощадку установки будут доставлены автомобильным транспортом; до конца 2014 г. планируется завершить первый этап строительства. В дальнейшем ветродизельные установки будут также построены в населенных пунктах Тиличики, Палана, Оссора, Манилы, Каменское, Пахачи и Усть-Хайрюзово.

## Новости когенерации

### Перспективный турбонагнетатель от MAN

Компания MAN Diesel & Turbo (Германия) объявила о разработке новых турбонагнетателей серии TCT: впервые будет разрабатываться ряд турбокомпрессоров исключительно для двухтактных двигателей в целях выполнения требований Tier III. Эффективность новинки ожидается на 5 % выше по сравнению с существующей серией TCA, поскольку в ее конструкции найдет воплощение недавно разработанная геометрия компрессора и турбины. Компрессор также будет обеспечивать на 10 % больший воздушный поток при более

высоком давлении наддува, имея в то же время меньшие габариты и массу по сравнению с серией TCA. Первый турбокомпрессор серии TCT поступит на рынок в 2016 г. после комплексной программы тестирования. Турбокомпрессоры TCT будут использоваться в широкой номенклатуре двигателей, и производители смогут применять один размер нагнетателя для различного числа цилиндров. Индивидуальная адаптация компрессора к двигателю будет выполняться с использованием сменных частей турбокомпрессора.

## Новые контроллеры Danfoss

Компания Danfoss (Дания) представила контроллеры нового поколения AK PC 351 и AK PC 551. Новинки предназначены для управления несколькими одноступенчатыми компрессорами, многоступенчатыми компрессорами с разгрузчиками, станциями с частотным приводом на ведущем компрессоре, компрессорами с регулированием производительности по технологии Digital, 4-компрессорными станциями Stream, а также для обеспечения ступенчатого/плавного регулирования давления конденсации. Оптимизированные алгоритмы управления позволяют существенно уменьшить эксплуатационные расходы. Высокий уровень энергосбережения достигается за счет оптимизации давления всасывания, плавающего управления давлением конден-

сации в зависимости от температуры наружного воздуха, ночного смещения установки и интеграции в систему Adap-Kool. Удобный графический интерфейс и «мастер настроек» помогают подготовить к работе контроллеров в течение нескольких минут.

Контроллер AK PC 351 (кодовый номер 080G0289) предназначен для управления компрессорными станциями с одной группой всасывания до четырех компрессоров и одной группой конденсации. Контроллер AK PC 551 (кодовый номер 080G0281) управляет компрессорными станциями до восьми компрессоров либо в режиме 4x4 при работе с двумя группами всасывания и одним общим конденсатором (сателлитная компрессорная станция).



### Новый паяный теплообменник SWEP

Компания SWEP (Швеция) предложила на рынке новый паяный теплообменник серии B18, который разработан для применения в системах охлаждения, использующих в качестве охладителя CO<sub>2</sub>. Теплообменник сочетает в себе высочайшую надежность и способность выдерживать экстремальные нагрузки. Он рассчитан на работу при давлении до 140 бар, прост в обслуживании и имеет компактные размеры. Благодаря особенностям конструкции и экономичному использованию материалов, обеспечивается высокая эффективность работы при минимальных затратах энергии. B18 является оптимальным решением для

систем с высокой мощностью тепловой нагрузки (до 150 кВт, таких как газовый охладитель, и 60 кВт, таких как испаритель). Компактный и в то же время легкий паяный теплообменник B18 подходит для применения в холодильной цепи (супермаркеты, охлаждение при транспортировке, теплоизолизация, экономайзеры) и для тепловых насосов (испаритель и газовый охладитель).



# Технологии Bosch с российской пропиской



## Котел Bosch UNIMAT UT-L **Сделано в России**

- мощность от 2,5 МВт
- устойчивая работа при перепадах нагрузки
- эффективная трехходовая конструкция
- простота технического обслуживания



**BOSCH**

Разработано для жизни

Товар сертифицирован. На правах рекламы



## Завод в России



**BOSCH**

Разработано для жизни

### «Бош Термотехника» расширяет границы

Завод «Бош Отопительные Системы» - это новое предприятие группы компаний Bosch в г. Энгельс Саратовской области площадью 8 000 м<sup>2</sup>, выпускающее бытовые настенные котлы Bosch GAZ 6000 и Buderus Logamax U072 единичной мощностью 12, 18 и 24 кВт, а также 6 типоразмеров промышленных котлов Bosch UNIMAT UT-L мощностью от 2,5 до 6,5 МВт.

Все промышленные котлы проходят гидравлические испытания на установке, изготовленной по специальному заказу в Германии и работающей в полностью автоматическом режиме. Результаты испытания заносятся в паспорт изделия и электронный архив.

Завод прошел внутренний и внешний аудит и

получил сертификаты на продукцию, что даёт право реализовывать её на территории РФ, Таможенного союза и Украины.

Новые технологические линии обеспечивают высокую степень локализации производства: котлы большой мощности – до 80%. Благодаря этому, завод способен самостоятельно создавать конечную продукцию буквально с нуля: от стального проката до готового котла. Металл закупается у российских поставщиков.

Сотрудники завода – это высококвалифицированный инженерно-технический персонал, коммерческая служба и производственники. На предприятии имеется собственная группа разработчиков, которые проектируют новую продукцию специально для российского рынка. Все сотрудники «Бош Отопительные системы» прошли полугодовую стажировку на предприятиях компании в Австрии и Германии. Производственный персонал сертифицирован по системам НАКС и TÜV.

Продукты, производимые на новом заводе «Бош Отопительные системы», адаптированы именно для российского рынка. Они выпускаются с учетом всех его потребностей и особенностей и соответствуют высоким стандартам качества Bosch.



Административное здание завода «Бош Отопительные Системы», г.Энгельс

ООО «Бош Термотехника»  
[www.bosch-engels.ru](http://www.bosch-engels.ru)



В конце 2014 г. была введена в эксплуатацию первая очередь высокоманевренной газопоршневой теплоэлектростанции (ТЭС) на базе энергоблоков Wartsila 18V50SG, которая строится на территории Тихвинского вагоностроительного завода и будет снабжать тепловой и электрической энергией близлежащие промышленные предприятия г. Тихвина в пределах Тихвинской промышленной площадки (Ленинградская обл.).

## Газопоршневая ТЭС... МОЩНОСТЬЮ 220 МВт!

А. Прудников

Модернизация завода проводится с 2008 г. силами группы «ИСТ», инвестировавшей в строительство более 1 млрд долл. США; планируется переоборудовать существующую котельную в ТЭС номинальной мощностью 220 МВт. Таким образом, это будет самая крупная в России ТЭС на базе газопоршневых когенерационных установок, вполне сомасштабная по мощности и значению своему месторасположению: в 2008–2011 гг. Тихвинский вагоностроительный завод был самым крупным строящимся промышленным объектом в Европе и сегодня является лидером вагоностроения в России.

Для сооружения ТЭС такой мощности в России традиционно существует выбор между ГТУ-ТЭС и парогазовой установкой теплофикационного типа. Нетипичное для данного сегмента решение в пользу газопоршневых энерго-

блоков было обусловлено сугубо производственными задачами, поскольку заказчик не имел предпочтений по типу основного оборудования.

Высокоманевренные станции на базе ГПУ, обеспечивающие быстрый запуск, бесперебойную работу на частичной нагрузке (до 40 %), набор полной мощности за 5–10 мин и быстрый сброс, хорошо приспособлены для систем с переменными нагрузками и скачками (в данном случае для металлургического производства с большими электродуговыми печами). Поэтому для проекта были выбраны газопоршневые агрегаты Wartsila 18V50SG электрической (18,3 МВт) и тепловой (18 МВт) мощностью каждый.

Электрический КПД энергоблоков составляет 48 %, суммарный – более 90 %. Не менее привлекательны и инвестиционные показатели проекта. При

топливной эффективности, сопоставимой с парогазовыми установками, но при более низких капитальных затратах, энергоблоки Wartsila обеспечивают более короткие сроки строительства и дают возможность модулирования, т. е. поэтапного ввода в эксплуатацию и наращивания мощности путем добавления блоков.

Применение технологии Smart Power Generation позволяет максимально эффективно использовать оборудование (за счет резервирования ресурса энергоблоков – автоматизированной «взаимозаменяемости», позволяющей равномерно распределять износ на весь парк машин) и значительно экономить топливо для энергетических установок.

В зоне ответственности компании Wartsila – проектирование, подготовка рабочей документации и поставка генераторных установок со вспомога-

тельными системами. В объем поставки входят оборудование автоматики и управления, электрическая система, а также легкосборное здание машинного зала в комплекте с выхлопными трубами, оснащенными катализаторами для регулирования уровня эмиссии CO<sub>2</sub>. Компания также обеспечивает поддержку при монтаже и вводе станции в эксплуатацию, обучение персонала.

В настоящее время группа «ИСТ» развернула локальную энергосистему мощностью 110 МВт с элементами технологии Smart Grid, обеспечивающими адаптивность управления. В 2015 г. будет построен тепловой контур мощностью 90 МВт, а к 2020 г. планируется ввести в эксплуатацию третью очередь строительства Тихвинской газопоршневой ТЭС мощностью 110 МВт.

### Газопоршневые двигатели Wartsila

Газопоршневые четырехтактные двигатели Wartsila 50SG с турбонаддувом, промежуточным охладителем и прямым впрыском топлива были специально разработаны для использования в составе многоагрегатных теплоэлектростанций большой мощности (до 500 МВт). Они характеризуются простотой технического обслуживания и длительными межремонтными интервалами, возможностью снижать и увеличивать нагрузки без сокращения межремонтного ресурса (интенсивность набора/броса нагрузки составляет 2,4 МВт/мин), имеют высокий КПД как в простом, так и в комбинированном цикле (с использованием паросилового блока). Максимальная электрическая мощность энергоблока составляет 18,3 МВт при частоте тока 50 Гц, частота вращения силового вала двигателя – 500 об/мин, КПД достигает 48,6 %.

Wartsila 50SG может эксплуатироваться на природном газе различного качества с предварительным обеднением топлива (за счет избыточного воздуха в топливовоздушной смеси), позволяющем снизить рабочие температуры и, соответственно, уровень эмиссии NO<sub>x</sub>. Индивидуальная подача газа в каждый цилиндр обеспечивает необходимое соотношение компонентов топли-

воздушной смеси, а также оптимальный режим работы с целью достижения максимального КПД и низких уровней эмиссии.

Новый двигатель Wartsila 50SG оснащен передовой системой охлаждения, которая обеспечивает эффективный отвод избыточного тепла от всех теплонагруженных деталей двигателя. Она состоит из двух отдельных систем – высокотемпературной (HT) и низкотемпературной (LT). Система HT предназначена для охлаждения гильз и головок цилиндров, LT – для охлаждения смазочного масла. Обе системы связаны с двухступенчатым охладителем воздуха. Двигатели с V-образным расположением цилиндров комплектуются также открытой системой охлаждения, при которой охлаждающие контуры подключаются отдельно. При этом реализуются максимально эффективные схемы отвода избыточного тепла и системы охлаждения.

При создании модификации двигателя Wartsila 50SG значительное внимание уделялось также повышению эффективности турбонагнетателя. Был разработан нагнетатель Monosplex с подшипниками скольжения, в конструкции которого учтены все преимущества импульсного и постоянного турбонаддува. Взаимодействие двигателя и турбонагнетателя организовано таким образом, чтобы минимизировать гидравлическое сопротивление потоков выхлопных газов и всасываемого воздуха.

Технология Smart Power Generation (интеллектуальное производство энергии) позволяет эксплуатировать энергосистему с максимальной эффективностью благодаря исключительно высокому компенсированию колебаний существующей и будущей нагруз-

ок, обеспечивая таким образом значительную экономию средств и стабильный баланс энергосети. За счет постоянного горячего резерва SPG гарантирует оптимальное следование нагрузке и быстрое покрытие пиковых нагрузок и, таким образом, оперативно реагирует на изменение ситуации в энергосетях.

Стандартные установки SPG имеют готовность на уровне 95 %, надежность – 97 % и надежность пусков – 99 %. Они являются наиболее эффективными для обеспечения энергобаланса в сети, поскольку начинают вырабатывать мегаватты электроэнергии в сеть в течение одной минуты с холодного пуска и выходят на номинальную мощность в течение 5 мин.

Кроме того, высокие экологические показатели по уровню эмиссии и шума позволяют устанавливать их в непосредственной близости к потребителю, а модульная конструкция SPG обеспечивает быстрый монтаж и ввод в эксплуатацию. Требования к необходимой инфраструктуре также минимальны: крайне низкий или нулевой расход технологической воды (применяется радиаторное охлаждение) и низкий уровень давления топливного газа – 0,5 МПа.





**Паровые жаротрубные котлы находят самое широкое применение в теплоэнергетике благодаря высокой паропроизводительности (от 0,1 до 55 т/ч), относительно простой и эргономичной конструкции, облегчающей монтаж и осуществление сервисно-эксплуатационных работ, и сравнительно невысокой стоимости.**  
**В настоящем обзоре представлены котлы наиболее востребованных на российском рынке марок.**

## Паровые жаротрубные котлы на российском рынке

### Babcock Wanson (Франция)

Предприятие входит в состав международной группы компаний CNIM Group. На российский рынок компания поставляет паровые жаротрубные котлы серий BWB, BWD и BWR. Серия BWB включает 6 моделей производительностью по



пару от 0,25 до 2,5 т/ч. В зависимости от модели максимальное рабочее давление может составлять 10, 12, 15 или 18 бар. Серия BWD включает 12 моделей паропроизводительностью от 1 до 10,4 т/ч, максимальное рабочее давление может составлять 10, 12, 15, 18 или 20 бар. Серия BWR – 6 моделей паропроизводительностью от 0,3 до 16 т/ч имеют одну жаровую трубу и выдерживают максимальное давление – от 10 до 25 бар. Котлы Babcock Wanson могут работать с горелками, использующими природный газ, сжиженный нефтяной газ, дизельное топливо, или с комбинированными горелками (газ/дизельное топливо).

### BBS GmbH (Германия)

Компания BBS GmbH была образована в 2004 г. в результате реорганизации

компании BAY Warmetechnik GmbH и ее слияния с Bay Engineering und Consulting. На российском рынке представлены паровые жаротрубные котлы высокого давления серии HDK номинальной паропроизводительностью от 0,3 до 55 т/ч. Трехходовые модели номинальной производительностью от 0,3 до 16 т/ч имеют одну жаровую трубу и выдерживают



максимальное рабочее давление до 30 бар, модели большей производительности (от 18 до 55 т пара в час) имеют две жаровые трубы и работают при максимальном давлении до 20 бар. Конструкция котлов HDK предусматривает optionalное оснащение пароперегревателем для выработки перегретого пара.

### Bono Energia (Италия)

Компания Bono Energia предлагает на российском рынке паровые жаротрубные котлы STEAM MATIC SM/SG с заявленным КПД до 94 %, работающие на жидком и газообразном топливе. Высокая энергоэффективность достигается за счет применения высококачественных систем сгорания и автоматических систем контроля и управления котельной Optispark. Двухходовые котлы SM имеют производительность по насыщенному пару 1–6 т/ч, номинальную мощность – до 5 МВт, расчетное давление – 12–30 бар. Котлы SG двухходовой и трехходовой конструкций имеют производительность по насыщенному и перегретому пару от 6 до 25 т/ч, номинальную мощность – до 19 МВт, расчетное давление – от 12 до 30 бар, могут работать на широком спектре жидкого и газообразного топлива: на природном газе, дизельном топливе, нефтезаводском и технологическом газе, а также на сочетании газа и жидкого топлива. Все котлы производятся на заказ (разной комплектации и под индивидуальные запросы заказчика).



### Buderus (Германия)

Компания Buderus предлагает в России трехходовые паровые жаротрубные котлы Logano SHD815 и Logano SHD915. Серия Logano SHD815 включает 18 моделей производительностью от 1,25 до 28 т/ч. Эти котлы используются для получения пара с избыточным давлением до 30 бар. Серия котлов с двумя жаровыми трубами Logano SHD915 включает 8 моделей производительностью от 20 до 55 т/ч, получающих пар с избыточным давлением до 30 бар. Эти типоразмеры котлов могут комплектоваться эконо-

майзерами и пароперегревателями (получение пара температурой до 300 °C). Также компания выпускает паровые жаротрубные котлы Logano SHD615 низкого (до 0,7 бара) давления производительностью от 0,25 до 3,2 т/ч и высокого (до 16 бар) давления производительностью от 0,25 до 1,25 т/ч. Котлы комплектуются дополнительным оборудованием (дезаэрационные установки, барботеры, дозаторы и т.д.).

### Erensan (Турция)

Серии паровых котлов HDR и SP включают 14 моделей производительностью от 0,25 до 5,5 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 12 бар, температура пара на выходе из котла – до 191 °C. Серия трехходовых паровых котлов HPS включает 18 моделей производительностью от 0,8 до 25 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 16 бар, температура пара на выходе – до 206 °C. Серия трехходовых паровых котлов ESB включает 24 модели производительностью от 1 до 30 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 16 бар, температура пара на выходе – до 206 °C. Паровые котлы HDR, SP и ESB работают на газообразном или жидком топливе. Паровые котлы HDR.K предназначены для сжигания каменного угля. Для этого их оснащают колосниковой решеткой с водяным охлаждением. Серия включает 7 моделей производительностью от 0,25 до 1,6 т/ч.



от 1454 до 11630 кВт, максимальное рабочее давление – 12, 15 или 25 бар. Паровые котлы Ferroli могут работать на природном или сжиженном газе, газо-ле, дизельном топливе или мазуте вязкостью до 50 °E при 50 °C.

### Garioni Naval (Италия)

В серии паровых котлов низкого давления GBP представлено 16 моделей производительностью по пару от 0,1 до 3 т/ч (от 115 до 2558 кВт). Их используют для получения пара с максимальным рабочим давлением 0,7 бара и максимальной температурой 115 °C. Котлы GBP характеризуются высоким КПД (минимум 91 %). Также в ассортименте Garioni Naval имеются паровые котлы малой производительности VPR (от 50 до 500 т пара в час). В серии 8 моделей номинальной мощностью от 35 до 349 кВт, работающих на газе или жидком топливе, и с эффективностью не ниже 90 %. Рабочее давление составляет 6 бар, мак-

симальная температура пара – 165 °С (в исполнении, рассчитанном на 10 бар, – до 184 °С).

Серия двухходовых котлов NG/C включает 11 моделей номинальной паропроизводительностью от 0,3 до 6 т/ч (от 209 до 4187 кВт), которые вырабатывают пар с максимальным давлением 12 бар и температурой до 191 °С или пар с максимальным давлением 15 бар и температурой до 201 °С. Котлы этой серии характеризуются высоким КПД (от 91 %) при работе на жидком и газообразном топливе. Серия трехходовых котлов GPT, предназначенных для работы на жидком или газообразном топливе, включает 16 моделей производительностью по пару от 3 до 25 т/ч. Модели GPT 3000, GPT 4000, GPT 5000, GPT 6000, GPT 8000, GPT 10000 имеют мощность 2093, 2791, 3489, 4187, 5582, 6978 кВт, соответственно. Котлы этой серии вырабатывают пар с максимальным давлением 12 бар и температурой до 191 °С (или до 201 °С при давлении 15 бар), имеют объемную топку, спроектированную для получения высокого КПД (минимум 92 %) при низком содержании NO<sub>x</sub>.

Паровые котлы Garioni Naval предназначены для работы на природном газе, дизельном топливе, нефти/мазуте, в базовом исполнении оснащены системой управления Gariomatic. Опционально могут комплектоваться экономайзерами, увеличивающими КПД на 4 %, атмосферными деаэраторами, баками питательной воды, автоматической продувкой по шламу и солесодержанию (нижней периодической и верхней непрерывной).

### ICI Caldaie (Италия)

В ассортименте компании ICI Caldaie представлено 6 серий паровых жаротрубных котлов. Серия трехходовых котлов высокого давления с омываемым днищем GX включает 17 моделей производительностью по пару от 1,7 до 20 т/ч, работающих на газе или жидким топливе. Их максимальное рабочее давление составляет 12, 15 (модели GX 8000-15 и GX 10000-15) или 20 (модель GX 12000-20) бар. Максимальная температура пара на выходе составляет 210 °С, КПД (не ниже 91 %).



Все паровые жаротрубные котлы ICI Caldaie работают на природном газе, дизельном топливе, мазуте, поставляются в комплекте с регулирующим и предохранительным оборудованием для работы в автоматическом режиме.

### I.VAR Industry S.r.l. (Италия)

Компания выпускает паровые жаротрубные котлы серий BLP, BHP и SB/V. Серия паровых котлов с тупиковой горизонтальной газоплотной топкой серии BLP включает 14 моделей производительностью по пару от 0,14 до 3 т/ч. Максимальное рабочее давление составляет 0,98 бара. Серия котлов BHP с двухходовой камерой сгорания и реверсивной топкой включает 17 моделей производительностью по пару от 0,14 до 5 т/ч. Их максимальное рабочее давление – 11,8 бара. Серия паровых трехходовых котлов SB/V включает 12 моделей с производительностью по пару от 2 до 20 т/ч. Их максимальное рабочее давление может составлять 11,8 или 14,7 бара.

Паровые котлы I.VAR Industry работают на природном газе, дизельном топливе, топочном мазуте. По техническому заданию заказчика компания I.VAR Industry S.r.l. может индивидуально изготовить паровые котлы с пароперегревателем производительностью до 12 т/ч единичной мощности, с давлением до 22 бар и температурой перегретого пара до 350 °С. В случае, когда нет необходимости в установке насосной группы на каждый котел, например, при работе котлов в режиме «один рабочий – один резервный» и т.д., компания I.VAR Industry S.r.l. может предложить готовое техническое решение на паровую уст-



новку с несколькими котлами, подача питательной воды к которым будет производиться через общую станцию со всеми гидравлическими и электрическими подключениями, алгоритмом работы котельной как единое целое.

### Thermax (Индия)

Серия трехходовых паровых котлов «Ревотерм» RFB включает 9 моделей производительностью от 1,5 до 10 т/ч, серия Shellmax SM – 9 моделей производительностью от 3 до 16 т/ч. Котлы обеих серий рассчитаны на максимальное давление 10,75 или 17,9 бара. Они могут работать на природном газе, дизельном топливе или мазуте, а также с комбинированным использованием газа и жидкого топлива. Для работы котлов в автоматическом режиме компания Unical предлагает дополнительные опции: автоматический датчик контроля верхнего уровня, группу верхней автоматической продувки по солесодержанию TDS1/ TDS2 и группу нижней автоматической продувки по шламу.

### Unical (Италия)



На российском рынке представлен широкий спектр паровых жаротрубных котлов серий BAHR'UNO, BAHR'12/15 и TRYPASS'12/15. Котлы низкого давления с реверсивной двухходовой топкой представлены 15-ю моделями в модификациях BAHR'UNO, BAHR'UNO HP и BAHR'UNO HPEC паропроизводительностью от 140 кг/ч до 3 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 0,7 бара, температура пара на выходе – 119,6 °С. Двухходовые паровые котлы высокого давления серии BAHR'12/15 представлены 14-ю моделями в модификациях BAHR'12/15, BAHR'12/15 HP, BAHR'12/15 HPEC паропроизводительностью от 300 кг/ч до 5 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 12 (15) бар,

максимальная температура пара на выходе – 184 (197) °С. Трехходовые котлы TRYPASS'12/15 представлены 27-ю моделями TRYPASS'12/15, TRYPASS'12/15 HP, TRYPASS'12/15 HPEC паропроизводительностью от 2 до 21,6 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 12 (15) бар, максимальная температура пара на выходе – 184 (197) °С.

Паровые котлы Unical могут эксплуатироваться с горелками, работающими на природном или сжиженном газе, дизельном топливе или мазуте, а также с комбинированным использованием газа и жидкого топлива. Для работы котлов в автоматическом режиме компания Unical предлагает дополнительные опции: автоматический датчик контроля верхнего уровня, группу верхней автоматической продувки по солесодержанию TDS1/ TDS2 и группу нижней автоматической продувки по шламу.

### Viessmann (Германия)

Паровые жаротрубные котлы средней мощности в ассортименте компании Viessmann представлены серией Vitoplex 100-LS, включающей 6 моделей производительностью по пару от 0,26 до 2,2 т/ч. Максимальное рабочее давление составляет 0,7 бара. Также компания поставляет в Россию 5 серий паровых жаротрубных котлов большой мощности. Серия трехходовых котлов Vitomax 200-LS (тип M233) включает 3 модели производительностью по пару от 2,9 до 5,0 т/ч. Их максимальное рабочее давление составляет 0,5 бара или 1 бар. Серия котлов Vitomax 100-HS (тип M33A) включает 9 моделей паропроизводительностью от 1 до 6,4 т/ч. В зависимости от модифика-



ции их максимальное рабочее давление может составлять 6, 8, 10, 13 или 16 бар. Серия трехходовых котлов Vitomax 200-HS (тип M237) включает 8 моделей производительностью по пару от 0,7 до 3,8 т/ч. Серия трехходовых котлов Vitomax 200-HS (тип M73A) – 9 моделей паропроизводительностью от 0,5 до 4 т/ч. Серия трехходовых котлов Vitomax 200-HS (тип M75A) включает 10 моделей производительностью по пару от 5 до 26 т/ч. В зависимости от модификации максимальное рабочее давление котлов Vitomax 200-HS может составлять 6, 8, 10, 13, 16, 18, 20, 22 или 25 бар. Паровые котлы Viessmann предназначены для работы на природном или сжиженном газе, легком жидкотопливном топливе EL.

### ЗАО «Белогорье» (г. Шебекино, Белгородская обл.)



ЗАО «Белогорье» выпускает стальные горизонтальные жаротрубные котлы с реверсивной топкой и периферийным пучком дымогарных труб паропроизводительностью от 1 до 4 т/ч. Это модели Е-1,0-0,9ГН, Е-1,6-0,9ГН, Е-2,5-0,9ГН и Е-4,0-0,9ГН, предназначенные для получения насыщенного пара избыточным давлением 8 бар и температурой 175 °С для использования его в качестве промежуточного теплоносителя в системах отопления, ГВС и для технологических нужд. Также выпускаются паровые жаротрубные котлы низкого давления КПа-200 и КПа-400, имеющие паропроизводительность 0,2 и 0,4 т/ч, соответственно, и выдающие пар давлением 0,7 бара и температурой 115 °С. Жаротрубные котлы «Белогорье» отличаются оригинальной спиральной конструкцией

# На всех парах. Vitomax 200 HS.

пластинчатых турбулизаторов, имеют удобную для обслуживания конструкцию фронтальной и передней крышек (с возможностью открытия как влевую, так и в правую сторону), работают на природном газе (ГОСТ 5542-87).

## ОАО «Вольф Энерджи Солюшен» (г. Реутов, Московская обл.)



Паровые жаротрубные котлы производства ОАО «Вольф Энерджи Солюшен» известны на рынке под марками Vapotherm и Polykraft VTF. Серия двухходовых паровых жаротрубных котлов Vapotherm, работающих на газообразном и легком жидким топливе, включает 5 моделей, вырабатывающих насыщенный пар производительностью от 0,5 до 5 т/ч с избыточным давлением 9, 12, 15 бар. Серия трехходовых паровых котлов Polykraft VTF включает 11 моделей производительностью по пару от 5 до 25 т/ч. Максимальное рабочее давление пара составляет 9, 12 или 15 бар, температура насыщенного пара – 180, 190 и 210 °C. Котлы работают на природном газе, дизельном топливе, мазуте, но при необходимости могут быть переоборудованы на другие виды топлива.

## Промышленная группа «Генерация» (Свердловская обл., г. Березовский)

В ассортименте промышленной группы «Генерация» паровые жаротрубные трехходовые котлы представлены тремя моделями: Ем-1,0-0,9 ГМН, Ем-1,6-0,9 ГМН и Ем-2,5-0,9 ГМН. Их производительность по пару составляет 1, 1,6 и 2,5 т/ч, соответственно. Котлы предна-

значены для работы на природном или попутном газе, мазуте. Максимальное рабочее давление пара – 8 бар, температура пара на выходе –174,5 °C.

## ООО Завод энергетического машиностроения «ЗИОСАБ-ДОН» (г. Волгодонск, Ростовская обл.)

Завод энергетического машиностроения «ЗИОСАБ-ДОН» ведет свою историю с 2003 г. В настоящее время компания предлагает стальные паровые жаротрубные трехходовые котлы FR-25, изготавливаемые по лицензии и чертежам компании FinReila OY (Финляндия). Серия FR-25 включает 24 модели производительностью по пару 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16 или 20 т/ч в исполнении на 10 бар (индекс 12 в маркировке изделия) или 14 бар (индекс 16 в маркировке) максимального рабочего давления. У моделей FR-25 с индексом 12 темпе-



ратура насыщенного пара может достигать 184 °C, у моделей FR-25 с индексом 16 – 198 °C. Паровые котлы FR-25 предназначены для работы на природном газе или дизельном топливе.

## ЗАО «Черепановскферммаш» (г. Черепаново, Новосибирская обл.)

В ассортименте завода паровые жаротрубные котлы представлены моделями КП-100, КП-300, КП-600, КП-1300, КП-1500 и КПа-3000. Все они оборудованы горизонтальным трехступенчатым газоходом. В зависимости от модификации

модели могут работать на газообразном, жидком или твердом топливе. Производительность котлов по пару составляет 120, 300, 600, 1000, 1500 или 3000 кг/ч. Допустимое избыточное давление пара не превышает 0,7 бара, температура пара на выходе –115 °C.

## ООО «Энтророс» (Санкт-Петербург)



Компания «Энтророс» выпускает паровой жаротрубный трехходовой котел «Термотехник» ТТ200. Серия включает 13 моделей производительностью по пару 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20 и 25 т/ч. Котлы могут выпускаться в трех модификациях: с максимальным рабочим давлением 8 бар и температурой пара 175 °C, с давлением 12 бар и температурой 191 °C, с давлением 16 бар и температурой 204 °C. В зависимости от используемой горелки агрегаты могут работать на природном газе, пропан-бутане, легком жидком топливе, мазуте или быть комбинированными.

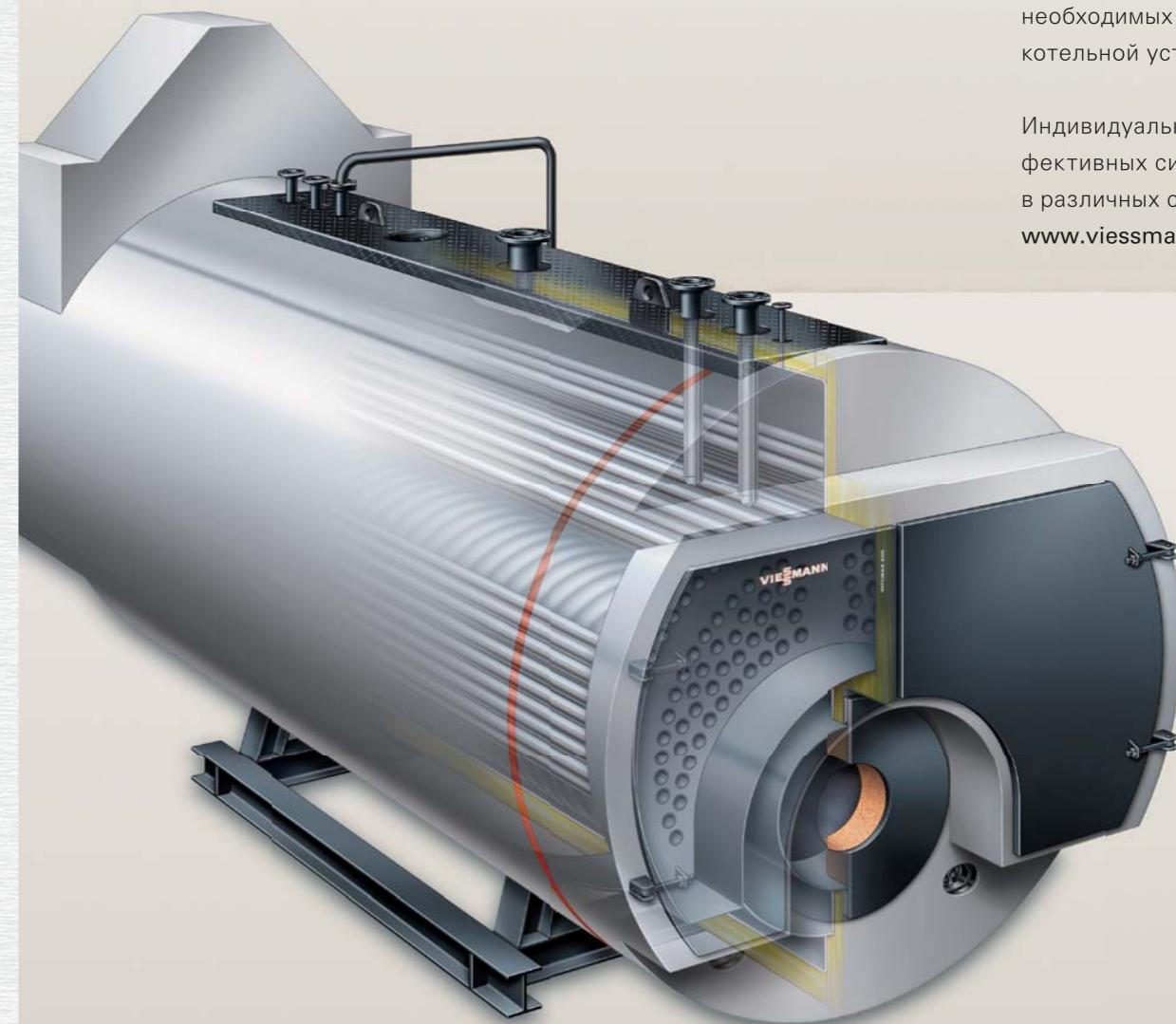
## ОАО «Яранский механический завод» (г. Яранск, Кировская обл.)

Предприятие выпускает вертикальные стальные жаротрубные котлы КСП-300, КСП-500, КСП-750, КСП-850 и КСП-1000, работающие на угле, дровах, торфобрикетах, отходах деревообработки, природном газе (модели Гн и Гс) или печном бытовом топливе (модели ЛЖ). Их производительность по пару составляет: 300, 500, 750, 850 и 1000 кг/ч. Максимальное рабочее давление пара 0,7 – бара, температура пара на выходе – 120 или 140 (модели КСП-850) °C.

Vitomax 200 HS – это промышленный паровой котел высокого давления, представленный в большом диапазоне мощностей – от 0,5 до 26 т/ч.

Трехходовая конструкция с низкой тепловой напряженностью камеры сгорания обеспечивает минимальный уровень эмиссий и КПД до 95%. Viessmann предлагает комплектные поставки всех необходимых компонентов для паровой котельной установки «под ключ».

Индивидуальные решения энергоэффективных систем для генерации пара в различных секторах промышленности. [www.viessmann.ru](http://www.viessmann.ru)



# VIESSMANN

climate of innovation



Любая вода, забираемая для приготовления пара, не является чистой, а представляет собой сложный раствор минеральных и органических веществ в той или иной концентрации, подлежащий предварительной подготовке.

## Современные технологии обработки котловой воды с применением пленкообразующих аминов

М. Романенков, Ф. Дяченко

Концентрация газов, различных примесей и растворенных веществ в воде, предназначенной для генерации пара, может быть уменьшена до технологически приемлемых условий посредством внешней водоподготовки. Тем не менее и остаточные концентрации вышеуказанных веществ, действуя во времени, приводят к коррозии металла, отложениям на рабочих поверхностях оборудования и, таким образом, влекут за собой целый ряд проблем по всей технологической цепочке пароконденсатного тракта, воздействуя

на трубы и поверхности нагрева паровых котлов, пароперегреватели, экономайзеры, конденсационное оборудование, теплообменники, трубную обвязку. На рис. 1 показаны отложения внутри жаротрубного парового котла, возникшие в результате отсутствия надлежащей водоподготовки.

Коррозийный слой и накипь уменьшают теплопередачу, увеличивают потребление топлива, ведут к местному перегреву поверхностей. Это в свою очередь активизирует дальнейшее накипеобразование, что неминуемо приводит

к преждевременному выходу из строя оборудования (рис. 2), сокращению межремонтного пробега и, таким образом, увеличивает стоимость как ремонтов, так и эксплуатации. Финансовые потери не ограничиваются этим. Производство теряет на вынужденных аварийных остановках, а частые пусковые операции сокращают срок службы и без того тяжело нагруженного оборудования.

В данной статье кратко изложены проблемы коррозии и накипеобразования и представлены методы их коррекции в процессе обработки воды.

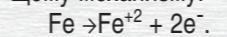
### Влияние солей, содержащихся в питательной воде котлов

Растворенные соли металлов, таких как Ca, Mg, Fe, Cu, Al, а также соли Si напрямую ведут к отложениям трудно-растворимого осадка (накипи). Когдато накипь ассоциировалась эксплуатационниками лишь с солями двух металлов – Ca и Mg, которые были названы солями жесткости.

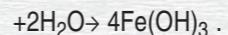
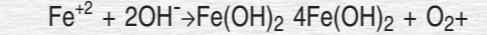
По мере роста операционных давлений и температур и усложнения конструкции котлов инженерам пришлось столкнуться с негативным влиянием на процесс даже малых остаточных концентраций ионов Fe (железа), Al (алюминия); Cu (меди) и Si (кремния) и переоценить его степень. При анализе накипных отложений, кроме хорошо известных  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  и др., были обнаружены комплексные силикаты всех вышеперечисленных металлов. Подобные осадки были отнесены к осадкам высочайшей прочности, влекущими за собой серьезные повреждения оборудования из-за своих «выдающихся» свойств, как теплоизолаторов теплообменной поверхности. Поскольку технологии стремятся максимально закрыть цикл «пар–конденсат», все большее количество последнего возвращается в процесс, поставляя в котел все новый и новый «материал» для роста и упрочнения слоя отложений. Таким образом, идет усугубление и без того сложной ситуации (рис. 3).

### Электрохимическая коррозия

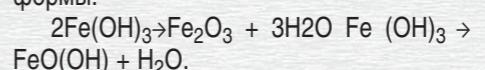
Разность потенциалов между сопряженными деталями и деталями, изготовленными из различных металлов, приводит к электрохимической коррозии по следующему механизму:



Таким образом, с анодной поверхности при контакте с котловой водой ионы железа переходят в раствор. На катодной поверхности формируются гидроксил-ионы, которые, двигаясь в поле по направлению к аноду, соединяются с высвободившимися ионами железа, формируя гидроокись ( $\text{Fe}^{+2}$ ), которая в свою очередь подвергается окислению с образованием гидроокиси ( $\text{Fe}^{+3}$ ):



Затем происходит дегидратация гидроокиси с образованием всем хорошо известного «ржавого» налета на анодной поверхности, представляющего собой оксид железа и его гидратированной формы:



Слой окисла железа, покрывающий анодную поверхность, может содержать включения других солей, но структура отложений такова, что реакция отрыва ионов железа и превращения их во все увеличивающийся слой ржавчины не только не прекращается, но и имеет тенденцию к ускорению.

### Влияние температуры на скорость коррозии

Согласно всем химическим законам рост температуры влияет на увеличение и скорость реакций, ведущих к коррозионным преобразованиям металлической поверхности оборудования. Соответствующим образом увеличивается и диффузионная способность растворенного кислорода. Снижение вязкости стимулирует растворение дополнительного количества атмосферного кислорода. Повышение концентрации и более легкое проникновение растворенного кислорода к «реакционной» катодной поверхности увеличивает скорость электрохимических превращений. Более того, на катодной поверхности повышенные температуры стимулируют высвобождение водорода.

Совокупно эти процессы с увеличением температуры ускоряются многократно. Так, с повышением температуры воды питьевого качества с 15 до 85 °C суммарная скорость коррозии увеличивается в 4 раза.

### Влияние pH на скорость коррозии

Высвобождению водорода на металлической поверхности (соответственно,



Рис. 1

увеличению скорости коррозии, вызванных высвобождением водородных ионов при диссоциации угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Растворенный кислород активизирует катодные процессы. Даже его минимальное количество корродирует поверхность котлов, особенно работающих при повышенных температурах и давлении. Из влияния других газов следует отметить разрушение медных поверхностей аммиаком ( $\text{NH}_3$ ) и усугубление коррозии же-



Рис. 2

за в присутствии сероводорода и хлора за счет все тех же катодных превращений и снижения общего pH системы.

### Коррозия в конденсатном тракте

Конденсатный тракт также подвержен коррозии, вызванной присутствием углекислого газа, который является продуктом разложения бикарбонатов, содержащихся в котловой воде. Растворенный углекислый газ в виде угольной кислоты снижает pH системы, приводя к описаным выше последствиям. Аналогично действует растворенный кислород. Продукты коррозии, попадая вместе с конденсатом в барабаны котлов, приводят к дополнительному образованию отложений.

### Вспенивание и вынос котловой воды в пар

Вспенивание – это механический процесс на границе раздела фаз «вода-пар» в момент интенсивного пузырькового кипения. К вспениванию приводят следующие факторы: резкое увеличение тепловой нагрузки котла, высокий уровень воды в его барабане, недостаточный объем парового сепаратора. Поверхностное натяжение на месте раздела фаз, обуславливающее склонность системы к вспениванию, определяется содержанием в котловой воде различных компонентов, таких как взвешенные вещества, растворенные соли, органические вещества (масла и пр.). Высокая щелочность системы влияет на увеличение поверхностного натяжения и тем самым ее склонность к вспениванию. В

этом случае унос твердых нерастворенных частиц через пароперегреватель может привести к серьезной эрозии и отложению их на лопатках сопряженной с котлом турбины. Унос растворенных солей как компонента пара пропорционально увеличивается по мере роста операционных давлений. Унесенные водорастворимые соли при определенных температурных условиях могут серьезно повредить рабочие поверхности и лопатки сопряженной с котлом турбины.

Улучшение экономики и оптимизация работы парогенераторных установок могут быть достигнуты посредством правильно выбранной обработки воды. Таковая может быть условно разделена на два самостоятельных, но в тоже время взаимосвязанных направления: водоподготовка подпиточной воды и кондиционирование собственно котловой воды. Последнее включает обработку ингибиторами коррозии и отложений, антивспенивающими присадками и т. д., способными свести к минимуму коррозию металла рабочих поверхностей, предотвратить выпадение на рабочую поверхность накипных отложений, а также не допустить вспенивания и уноса котловой воды в пар.

### Предотвращение накипеобразования.

#### Антинакипины со стехиометрическими свойствами

Для изменения химической структуры субстанций, содержащихся в котловой воде, используются фосфаты и комплексы, вступающие с ними в реакции с соблюдением стехиометрических соотношений. Прореагировавшие фосфаты образуют гидроксифосфаты кальция и магния, представляющие собой мягкий неадгезивный осадок, легко выводимый из системы при помощи нижней продувки котла. Для поддержания уровня pH и Р-щелочности в процессе обработки воды фосфатами иногда необходимо добавлять едкий натр (NaOH). Для обеспе-

чения обработки выпадающего осадка, т. е. уменьшения его адгезивных свойств и склонности к седиментации, приходится добавлять «дисперсанты», например, лигносульфонаты. Применение вышеуказанных добавок ограничивается их низкой термической стабильностью.

Комплексы, вступая в реакцию с солями двух- и трехвалентных металлов, образуют с ними достаточно термостабильные комплексы. Наиболее распространенными в производственной практике комплексонами являются EDTA (этилендиаминтетрауксусная кислота) и NTA (нитрилотриуксусная кислота). При использовании комплексонов очень трудно соблюсти стехиометрические соотношения. Кроме того, потенциально комплексоны достаточно коррозионно-активные вещества, и прямое их добавление в котловую воду может вызвать серьезные проблемы с локальным растворением металла. Обработка ими воды довольно дорогой метод, особенно в условиях, когда подпитка имеет высокую жесткость.

### Антинакипины, действующие в нестехиометрическом соотношении

Диспергаторы, такие как поликарилаты, полиметаакрилаты, полималеинаты, часто используются как реагенты, контролирующие выпадение накипного остатка.

Механизм их действия основан на том, что частицы примесей в объеме котловой воды (после адсорбции на их поверхности молекул диспергатора) теряют способность создавать агломераты и выпадать в осадок. Из вышеуказанных диспергаторов наиболее эффективными считаются поликарилаты. Однако, обладая положительным действием на соли жесткости, диспергаторы меньше подходят для контроля солей тяжелых металлов. Для этого лучше использовать фосфонаты и фосфоновые кислоты, которые адсорбируются на молекулах металлов (Fe, Cu, Zn).

Все эти реагенты не требуют стехиометрических пропорций для достижения желаемого результата, однако с повышением температуры они теряют свои свойства.

### Пути контроля процессов коррозии

Как уже указывалось ранее, в «среднем» диапазоне pH присутствие любого, даже минимального количества кислорода провоцирует деполяризацию на катодной поверхности металла и, таким образом, инициируется процесс электрохимической коррозии. Несмотря на наличие механической или термической деаэрации подпиточной воды, кислород так или иначе будет присутствовать в котловой воде. Остаточный кислород устраняют химическим путем с помощью таких веществ, как сульфит натрия, гидразин карбогидразид, ДЭГА и др.

В котлах низкого и среднего давления обычно используют сульфит натрия, в котлах с высоким давлением – гидразин, который, кроме собственно реакции с кислородом, имеет положительное свойство трансформировать «ржавчину –  $Fe_2O_3$ » в более химически пассивную форму «магнетит –  $Fe_3O_4$ », тем самым как бы пассивируя поверхность от дальнейшей коррозии. Однако и растущий слой магнетита является сильным теплоизолятором, только теперь для избавления от него требуется как минимум кислотная промывка. Гидразин повышает pH в конденсатной системе за счет образующегося аммиака.

Последние исследования классифицируют гидразин как весьма опасное канцерогенное вещество, и, таким образом, предпочтительно использовать его заменители.

### Предотвращение «углекислотной» коррозии, вспенивания и уноса котловой воды в пар

«Углекислотную» коррозию, имевшую место при пониженных pH, вызванных образованием углекислоты, можно предотвратить использованием летучих нейтрализующих аминов, таких как морфолин, циклогексиламин, диэтиламиноэтанол и др. Амины нейтрализуют образовавшуюся углекислоту, поднимая pH системы до 7,5–9,5.

Для эффективного предотвращения углекислотной коррозии в послекотловом тракте используется комбинация аминов, но их применение абсолютно неэффек-

тивно против «кислородной» коррозии.

Вспенивание обычно предотвращается использованием поверхностно активных веществ (ПАВ) в качестве «антиспеннигов» присадок. Чаще всего применяются следующие ПАВ: полиамиды, полиоксиалкилгликоли. В отличие от вспенивания явление уноса предотвратить очень трудно.

Последствия от уноса минимизируются с помощью контроля за концентрацией «летучих» солей в котловой воде и строгого соблюдения операционного интервала pH системы.



Рис. 3

– пленкообразующие компоненты защищают поверхность металла от коррозионно активной среды, таким образом являясь наиболее желательными компонентами в любой части водоконденсатной системы.

Использование реагента Helamin (смесь полиаминов, нейтрализующих аминов и диспергаторов) предполагает более легкое выведение из системы флокулированных кристаллов, нежелательных примесей, улучшение теплопередачи как на нагревательных, так и на конденсационных поверхностях.

В числе преимуществ реагента Helamin можно назвать нейтрализацию «углекислотной» коррозии и коррекцию pH системы, создание антикоррозионной пленки на поверхности металла, диспергирование старых отложений солей и продуктов коррозии (и, соответственно, улучшение теплопередачи на поверхностях теплообмена), снижение до 90 % содержания ионов железа в котловой воде и конденсате, противовспенивающий эффект, термоустойчивость до 560 °C, а также уменьшение количества необходимых продувок и исключение дозировки других солей в систему.

Вышесказанные преимущества многофункционального реагента Helamin позволяют рекомендовать его к применению в системах парогенерации для коррекционной обработки котловой воды.

По материалам доклада авторов на Пятой межотраслевой конференции «Вода в промышленности – 2014»

# Применение реагентов для коррекционной обработки питательной воды котлов различных давлений

О. Можаренко, зам. технического директора ООО «ТехЭнергоХим-Групп»

На V научно-практической конференции «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования» были представлены опытные работы по коррекционной обработке питательной воды паровых котлов, проведенные совместно специалистами ОАО «Всероссийский теплотехнический институт» и ООО «ТехЭнергоХим-Групп» (Украина) на Самарской ГРЭС ОАО «Волжская ТГК» и ПП «Курская ТЭЦ-1» филиала ОАО «Квадра – Курская региональная генерация».

Опытно-промышленные испытания с дозированием реагентов Puro Tech F5 и PuroTech Disperse 2 для коррекционной обработки теплоносителя были проведены в целях усовершенствования водно-химического режима (BXP) энергетических котлов среднего давления Самарской ГРЭС ОАО «Волжская ТГК» и сравнения нового предложенного аминосодержащего и традиционного BXP.

В настоящее время на Самарской ГРЭС для обеспечения BXP в качестве реагентов применяются тринатрийфосфат (для коррекционной обработки котловой воды) и аммиак (для коррекционной обработки подпиточной частично обессоленной воды в целях поддержания нормативного значения pH питательной воды и пароконденсатного тракта ТЭС). Существующая обработка имеет ряд недостатков, о чем свидетельствуют результаты обследования до проведения опытно-промышленных испытаний. Среди основных:

– неэффективная защита от коррозии и отложений питательного тракта и экраных поверхностей нагрева котлов;

- образование малотеплопроводных отложений;
- использование специальной малоэффективной технологии (поддержание избыточного давления в котле с постоянным контролем кислорода) для защиты от стоячной коррозии.

Перед началом выполнения работ согласно программе опытно-промышленных испытаний в пробоотборные линии были установлены индикаторы коррозии в следующих точках: «питательная вода», «конденсат турбин» и «котловая вода соленого отсека». В течение первых 4 ч дозировка реагента Puro Tech F5 составляла 250 г/ч или 4,5 г/м<sup>3</sup> питательной воды. Через 30 мин после начала подачи реагента в тепловой тракт Самарской ГРЭС отключили подачу аммиака на ВПУ.

В дальнейшем дозирование Puro Tech F5 составляло  $\approx 1$  г/м<sup>3</sup> питательной воды и регулировалось по значению pH перегретого пара и конденсата в пределах 9,0–9,2. Во время проведения испытаний качественный состав подпиточной воды в пароводяной тракт Самарской ГРЭС



не изменялся и соответствовал пермеату после УОО (табл. 1).

Реагент PuroTech Disperse 2 с расходом 2,5 г/м<sup>3</sup> питательной воды готовился в специальном отдельном баке и подавался в барабан котла ст. № 9 по линии фосфатирования. Так как реагент обладает отмывочными свойствами, то после начала ввода дисперсанта в барабан увеличили периодические продувки котла через нижние точки, а также постепенно и дозировку реагента до 4 г/м<sup>3</sup>, что способствовало росту концентрации железа, меди и других примесей не только в котловой воде, но и по всему пароводяному тракту, при этом концентрация полимера состав-

Таблица 2

Место установки индикаторов пробоотборной линии	Интенсивность коррозии, г/м <sup>2</sup> /ч			Скорость образования отложений, г/м <sup>2</sup> /год		
	норма	фосфаты+NH <sub>3</sub>	реактив 1+D2	норма	фосфаты +NH <sub>3</sub>	реактив 1+D2
Турбинный конденсат	0,015	0,001616	0,015539	220	–	–
Питательная вода	0,015	0,019054	0,006767	220	11,478	–
Котловая вода соленого отсека	0,015	0,025927	0,016346	220	1994,325	–

ляла в чистом отсеке 0,2–0,5 мг/дм<sup>3</sup>, в соленом отсеке – 1,5–2,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Подводя итоги аналитических и экспериментальных исследований BXP с дозированием реагентов Puro Tech F5 и PuroTech Disperse 2, можно сделать следующие выводы:

– качественные характеристики теплоносителя по всему пароводяному тракту Самарской ГРЭС не превышают нормируемые значения ПТЭ РФ как при введении фосфатно-аммиачного режима, так и при аминосодержащем режиме с дисперсантами;

– наблюдается значительное снижение концентрации железа в теплоносителе по тракту Самарской ГРЭС за период испытаний;

– аминосодержащий водный режим с дозированием реагентов Puro Tech позволяет снизить интенсивность коррозии оборудования в 81 питательном тракте в 2,8 раза, экранных поверхностей нагрева – в 1,6 раза (табл. 2).

Уменьшение скорости коррозии тепло-механического оборудования обусловлено в основном за счет значительного снижения образования отложений на его поверхностях нагрева благодаря синергетическому эффекту совместного действия пленкообразующих аминов и дисперсантов, входящих в состав реагентов.

На одной из ТЭЦ филиала ОАО «Квадра» были проведены опытно-промышленные испытания с дозированием реагентов PuroTech RLT4 и PuroTech Disperse 3 для коррекционной обработки теплоносителя и PuroTech RO200 – для коррекции значения pH в схеме ВПУ перед УОО.

На ТЭЦ обеспечивается традиционный BXP пароводяного тракта с применением аммиака для коррекционной обработки питательной воды и тринатрийфосфата – котловой воды. Дозирование гидразина отсутствует. Схема водоподготовки Курской ТЭЦ-1, реконструированной в

2005 г., наряду с видимыми преимуществами, имеет ряд недостатков.

Качество обессоленной воды для подпитки котлов характеризуется высокими содержанием натрия и уровнем прямой удельной электрической проводимости, содержание натрия в обессоленной воде нестабильно и варьируется в диапазоне от 3,5 до 12,0 мг/дм<sup>3</sup>. В целях получения пермеата стабильного качества (по концентрации Na) для повышения анионов Cl<sup>-</sup> в период опытно-промышленных испытаний в исходной умягченной воде перед УОО дозировали PuroTech RO200 (14,5 % разбавленная HCl).

Для защиты питательного тракта (так как отсутствует ввод гидразина) вводили реагент PuroTech RLT4 на основе пленкообразующих аминов. В барабан котла ст. № 4 вводили PuroTech Disperse 3 на основе гексаметофосфата натрия и дисперсантов вместо тринатрийфосфата. После проведения опытно-промышленных испытаний получены следующие положительные результаты:

– значение pH котловой воды соленых отсеков в период опытно-промышленных испытаний не превышало нормируемых величин ПТЭ независимо от изменения качества подпиточной воды;

– электропроводность котловой воды чистого и соленого отсека котла ст. № 4 снизилась в 2 раза;

– среднее значение электропроводности питательной воды, пара и конденсата не превышало нормы ПТЭ, при этом значение в паре и конденсате на 0,1 мкСм/см ниже, чем при традиционном BXP (аммиак и фосфаты);

– концентрация натрия по тепловому тракту (питательная вода, пар и конденсат) ТЭЦ снизилась  $\approx$  в 2,5 раза. При этом среднее значение pH в паре и конденсате повысилось до значения 8,3, а дозировка аммиака оставалась на том же уровне, концентрация аммиака в конденсате  $\approx$  200 мкг/дм<sup>3</sup>;



– концентрация фосфатов в котловой воде поддерживалась в пределах значений ПТЭ для режима пониженного фосфатирования.

В результате введения реагентов Puro Tech снизились процессы коррозии как в конденсатно-питательном тракте, так и на поверхностях нагрева котла ст. № 4. Об этом свидетельствует снижение концентрации железа в теплоносителе по всему тепловому тракту. Так же это подтверждается и снижением скорости коррозии индикаторных пластин, установленных в линии химического контроля котла ст. № 4.

Таким образом, проведенные испытания и опыт применения показали эффективность применения комплексных реагентов Puro Tech для коррекционной обработки питательной и котловой воды как для котлов среднего, так и высокого давления. Самое главное преимущество применения реагентов Puro Tech – это снижение повреждаемости и повышение надежности работы тепломеханического оборудования при индивидуальном конкретном подборе химического сочетания реагентов, учитывая возможности заказчиков и технические условия их применения.

Таблица 1

Частично-обессоленная вода – добавочная вода на паровые котлы	pH	Щ <sub>ф</sub>	Щ <sub>о</sub>	Ж	SiO <sub>3</sub>	Fe	c/c	SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Na	Cl
				мг-экв/дм <sup>3</sup>	мкг-экв/дм <sup>3</sup>			мкг/дм <sup>3</sup>			
	9,99	0,1	0,22	1,2	30	5	18	1,1	0,7	1,	0,

## Рекуперация тепла с помощью экономайзера

При обработке различных видов сырья, а также при производстве полуфабрикатов или готовых продуктов часто бывает необходима термическая обработка. Для различных термических процессов прямой или непрямой термообработки с температурой до 220 °C в качестве теплоносителя чаще всего используется пар.

### Цены на энергоносители растут

Уже 50 лет подряд и, вероятно, в последние десятилетия паровые котлы в промышленности работали и будут работать на классических видах топлива – печном топливе и газе. В связи с ограниченностью запасов нефти и газа общемировая тенденция состоит в росте цен на энергоносители. В частности, за два года, с января 2010 по январь 2012, цена печного топлива в Германии возросла почти на треть. Рост цен на жидкое топливо ведет, с запозданием приблизительно в полгода, к соответствующему росту цены на газ. Только экономное отношение к энергоносителям увеличивает срок пользования их

запасами в недрах и замедляет рост цен на выработанную энергию.

### Современные паровые котлы обладают высоким потенциалом экономии энергии

Водотрубные котлы для мощных электростанций всегда оснащались и оснащаются дополнительными конвективными нагревательными поверхностями для подогрева питательной воды в целях максимального уменьшения потерь тепла с дымовыми газами и для достижения наибольшей эффективности котла. В промышленности же пар вырабатывается в основном жаротрубно-дымогарными котлами. В их традиционные конструк-

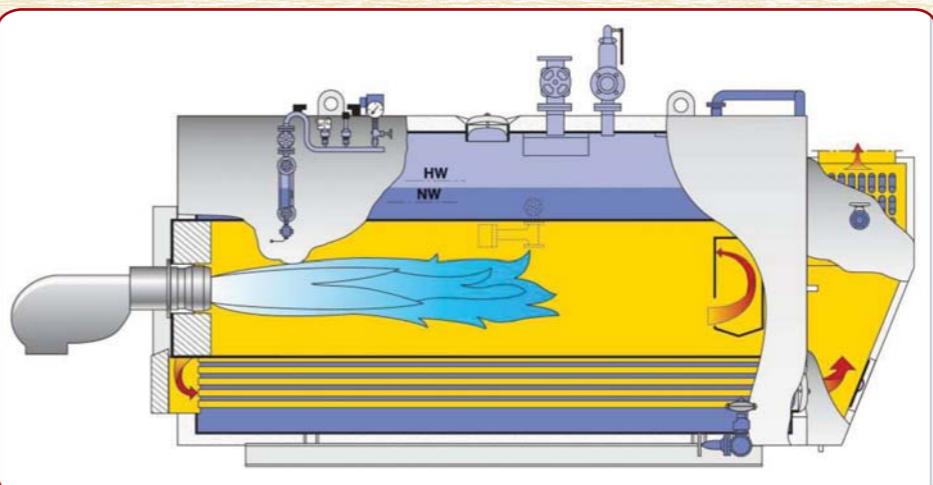
ции не встроена дополнительная конвективная поверхность для подогрева питательной воды. В таких паровых котлах с рабочим давлением от 8 до 12 бар, производящих насыщенный пар температурой от 170 до 190 °C, температура дымовых газов достигает 260 °C. Потери неиспользованного тепла с продуктами сгорания, которые выходят через дымовую трубу в атмосферу, достигают 12 %. Высокое рабочее давление, загрязненные поверхности нагрева (налет из сажи и извести) и плохо отрегулированные режимы горения могут вызвать еще более высокие потери тепла с дымовыми газами. Эти потери выливаются в дополнительные расходы и загрязнение окружающей среды.

### Экономайзер снижает расход энергоносителя и уменьшает загрязнение окружающей среды

Жаротрубно-дымогарные котлы всех размеров могут быть доукомплектованы экономайзером. В этих целях в Bosch Industriekessel GmbH разработан отдельно стоящий теплообменник Компакт-ECO, снабженный теплоизоляцией и готовый к подключению. Он имеет сертификат TÜV (Союз технической инспекции) и поставляется на транспортной раме. Экономайзер встраивается в газоход непосредственно позади котла и подсоединяется к напорному трубопроводу питательной воды.

### Новые котлы со встроенным экономайзером

Новые серии котлов Bosch Industriekessel GmbH с полностью встроенным экономайзером дают особые преимущества. Изменяемый, специально разработан-



Паровой котел UNIVERSAL UL-S-IE со встроенным экономайзером

гревается, отбирая тепло от потока дымовых газов. Понижение температуры дымовых газов с 260 до 120 °C уменьшает потери тепла на 6 %. Котлу с таким экономайзером требуется в условной точке нагрузки для выработанного количества пара на 6 % меньше топлива. Котел получает тепло, забранное у потока дымовых газов, через нагретую питательную воду. Исходя из актуальных цен на экономайзеры и топливо, при работе в одну смену и 70 % средней мощности котла капиталовложения смогут окупиться за 9–12 месяцев.

### Полезные опции

Экономайзер может быть рассчитан индивидуально для любых температур дымовых газов на входе и выходе. При этом нужно учитывать минимальную допустимую температуру дымовой трубы. Если труба чувствительна к действию кислот и влаги, то температура дымовых газов у ее «головы» во всем диапазоне изменения нагрузки должна быть выше температуры конденсации дымовых газов. Полезными опциями являются также регулирование подачи питательной воды непрерывного действия и байпасная линия на водяной стороне, которые дают возможность, с одной стороны, достичь максимальной экономичности, а с другой – соблюсти минимально допустимую для дымовой трубы температуру дымовых газов.

Экономайзер ECO 1 Stand-Alone для дооснащения работающих котлов располагает встроенным байпасом дымовых газов и может быть в виде опции снабжен регулируемым байпасом.

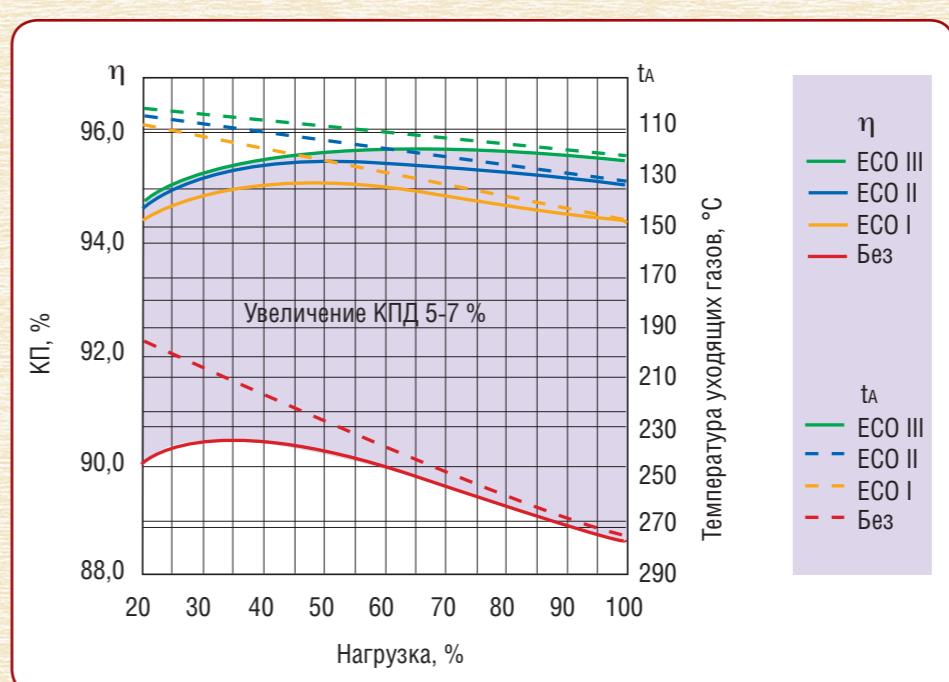
### Индивидуальная специализированная консультация

Новые экономайзеры Bosch Industriekessel GmbH упрощают полезное использование тепла дымовых газов, увеличивают экономичность и уменьшают загрязнение окружающей среды. При приобретении новых котлов или дооснащении существующих систем дополнительным устройством компания предлагает индивидуальные консультации и расчеты экономичности.

ООО «Бош Термотехника»  
[www.bosch-engels.ru](http://www.bosch-engels.ru)



Паровой котел UNIVERSAL с Компакт-ECO-SA для паропроизводительности 1-28 т/ч



Прибыль от коэффициента полезного действия для различных ECO-размеров

ный трубный пучок теплообменника с высокоеффективными ребристыми трубами является составной частью котла. Он встроен в коллектор дымовых газов и уже присоединен к водяному контуру котла, по желанию он может быть запрограммирован. Капиталовложения в приобретение и установку такого котла значительно ниже, чем для традиционного котла с отдельным экономайзером. Сокращение расходов на производство, отсутствие необходимости отдельной транспортировки, фундамента и монтажа на месте благоприятно сказываются на амортизации.

### Что дает экономайзер?

Питательная вода для паровых котлов подвергается химической и термической обработке, подготавливается соответственно правилам и при температуре 103 °C (полная дегазация) или при 90 °C (частичная дегазация) подается в экономайзер. В нем питательная вода на-

20-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
бытового и промышленного оборудования  
для отопления, водоснабжения, сантехники,  
кондиционирования, вентиляции, бассейнов,  
саун и СПА

# aqua THERM

MOSCOW

2-5 февраля 2016  
Крокус Экспо | Москва  
[www.aquatherm-moscow.ru](http://www.aquatherm-moscow.ru)

Developed by:

 Reed Exhibitions®  
Messe Wien

Специализированные разделы:

 World of  
Water & Spa

 Климатическое  
Оборудование

Организаторы:

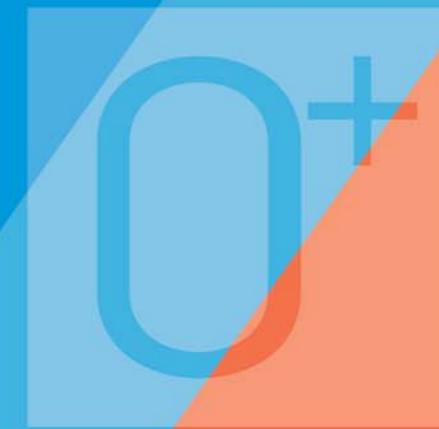
 Reed Exhibitions®

 ITE  
группа компаний

Специальный проект:

 new  
energy

Реклама



## Высокоэффективные паровые котлы I.VAR Industry для надежного пароснабжения предприятий



Компания «ИВАР промышленные системы», официальный представитель итальянского производителя котлов I.VAR Industry S.r.l. на территории России, предлагает полную линейку промышленных котлов этой марки: паровые и водогрейные жаротрубные котлоагрегаты, котлы на перегретой воде и на диатермическом масле, а также вспомогательное оборудование, необходимое для создания котельных.

Теплоэнергетическое оборудование производства I.VAR Industry S.r.l. для нужд промышленной и коммунальной энергетики привлекательно для заказчиков по нескольким причинам. Во-первых, промышленные котлы этой марки отличаются высокой энергоэффективностью и технологичностью, отвечающей самым высоким мировым стандартам. За счет инновационной системы качества, внедренной на всех этапах производства промышленных жаротрубных котлов, компания I.VAR Industry сегодня способна предложить тепло- и парогенерирующие установки высочайшего качества, которые характеризуются долголетним сроком службы, высокими показателями в экономии топлива и соблюдении требований по защите окружающей среды от вредных выбросов.

Во-вторых, за счет полного цикла производства итальянский производитель способен максимально полно удовлетворить индивидуальные пожелания заказчика при создании котлоагрегата, обеспечивая при этом минимальные сроки изготовления и доставки. Возможно также комплексное решение задачи тепло- и пароснабжения, включающее полную автоматизацию системы, механическое и электрическое соединение всех ее компонентов, комплексные испытания системы на заводе с выдачей общего сертификата соответствия для упрощения согласования с надзорными органами.

В-третьих, гарантийный срок на теплоэнергетическое оборудование I.VAR Industry составляет 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию (но не более 24 месяцев с даты отгрузки с завода). При этом заказчик всегда может рассчитывать как на гарантийное, так и постгарантийное сервисное обслуживание котлоагрегатов I.VAR с оперативным предоставлением необходимых комплектующих частей и расходных материалов.

Как партнер I.VAR.Industry является компанией точной и пунктуальной в ежедневном общении с клиентом; предоставляя высокотехнологичные решения, компания применяет гибкий подход в проектировании и реализации энергообъектов.

В ассортименте теплоэнергетического оборудования IVAR Industry промышленные паровые котлы представлены сериями BLP, BHP (двуходовые жаротрубные котлы) и SB/V (трехходовые жаротрубные котлы). Это оборудование предназначено для производства насыщенного пара промышленного назначения и полностью отвечает российским ПБ 10-574-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», а также СНиП II-35-76 «Котельные установки». Серия паровых котлов низкого давления (до 0,7 бара) BLP с тупиковой горизонтальной газоплотной топкой включает 14 моделей производительностью по пару от 0,14 до 3 т/ч. В серии двухходовых котлов высокого давления (11,8, 14,7, 17,6 бара) BHP представлено 17 моделей производительностью по пару от 0,14 до 5 т/ч. Типоряд трехходовых паровых жаротрубных котлов высокого давления (11,8, 14,7, 17,6 бара) серии SB/V включает 9 моделей с производительностью по пару от 2 до 12 т/ч.

Паровые котлы производства IVAR Industry предполагают установку наддувных (вентиляторных) горелок, работающих на газе, легком и тяжелом жидким топливе; комплектуются навесным оборудованием и арматурой таких всемирно признанных марок, как ARI Armaturen, Gestra, KSB, Danfoss, Grundfos и др. Изделия поставляются в различных комплектациях, способных удовлетворить любые требования заказчика – от самой бюджетной до комплексной паровой котельной с набором таких опций от производителя, как экономайзер с группой модуляции питательной воды, продувки



Двухходовой жаротрубный паровой котел с регулируемым экономайзером серии BHP по солесодержанию и шламу, деаратор и пр. По техническому заданию заказчика компания I.VAR Industry S.r.l. может индивидуально изготовить паровые котлы с пароперегревателем производительностью до 12 т/ч единичной мощности, с давлением до 22 бар и температурой перегретого пара до 350 °C.

Официальным представителем завода I.VAR Industry S.r.l. на территории РФ является компания ООО «ИВАР промышленные системы», предлагающая полную линейку котлов и вспомогательного оборудования. Инженеры компании могут предоставить полную техническую информацию по всем интересующим вопросам и окажут помощь в выборе оптимального по ценовым и техническим характеристикам оборудования. Компания «ИВАР промышленные системы» предлагает также готовые технические решения, способные значительно облегчить процесс монтажа и последующей эксплуатации котельного оборудования I.VAR Industry S.r.l.

ООО «ИВАР промышленные системы»  
Москва. ул. Клары Цеткин, д.33/35,  
тел.: (495) 669-58-94, [www.ivar-industry.ru](http://www.ivar-industry.ru)



ПРОИЗВОДИТЕЛИ РЕКОМЕНДУЮТ

## Navien – 2014

В конце ноября состоялась пресс-конференция с руководством компании *Navien*, посвященная году работы компании-производителя отопительных котлов и оборудования ООО «Навиен Рус» на российском рынке. В мероприятии приняли участие президент компании KD *Navien* г-н Цой Чже Бом и генеральный директор компании *Navien* в России г-н Ким Тэк Хюн.



На пресс-конференции с представителями СМИ обсуждалось как настоящее положение компании на рынке отопительного оборудования, так и перспективы дальнейшего развития существующих и новых моделей газовых котлов. В этот же день прошла и первая дилерская конференция.

Компания *Navien* – крупнейший корейский производитель универсальной энергетики, который специализируется в основном на производстве газовых и дизельных котлов. Компания является крупнейшим продавцом и производителем теплового оборудования и осуществляет 80 % своих продаж на территории Кореи, Японии, Тихоокеанского региона и США. Все комплектующие для оборудования *Navien* изготавливаются в Корее и Японии. Процесс сборки котлов проходит исключительно на собственных заводах в Корее со строжайшим контролем качества, соответствующего стандартам ISO 9001.

Как прозвучало на пресс-конференции, цель открытия представительства компании в России – укрепление лидирующих позиций на рынке и расширение ассортимента на

территории нашей страны. В структуру российского филиала входят технический отдел и отдел по продаже и логистике. Российское представительство компании рассматривается ее руководством как начальная точка для расширения рынка в Европе и СНГ (в том числе Белоруссии). Несмотря на сложившуюся мировую экономическую ситуацию и введенные санкции, компания будет расширять рынок поставок котлов в соседние страны, где сформированы зоны свободной торговли.

Отличительная черта котлов, выпускаемых компанией в России, – ориентированность моделей на специфику местного рынка. Инженеры внимательно изучают особенности каждого региона. Как результат – 2 уникальные разработки с креплением специальных сенсоров: котел с датчиком давления воздуха APS и котел с датчиком давления напряжения SMPS. Это позволяет оборудованию работать в условиях нестабильного напряжения, холода и сильного ветра. Благодаря отличному соотношению «цена/качество», в 2012 г. KD *Navien* заняла первое место на рынке настенных газовых котлов в России. А главная ее цель – стать лидером по производству котлов на рынке отопительного оборудования к 2020 г.

Кроме выпуска котлов, ООО «Навиен Рус» занимается и их последующим облучиванием. В настоящее время компания сотрудничает с 250 сервис-центрами на стадии создания проекта.



по всей России. Гарантия на продукцию составляет 3 года.

На встрече с дистрибуторами представители компании ООО «Навиен Рус» познакомили гостей с историей компании KD *Navien*, рассказали о новых моделях газовых котлов и их преимуществах. В частности, была продемонстрирована работа нового котла *Navien SMART TOK* в интерактивном режиме. Модель, выпуск которой запланирован на 2015 г., позволит удаленно управлять отопительной системой с помощью смартфона.

Одна из последних разработок компании – котел *Navien Hybrigen* – одновременно вырабатывает тепло и электроэнергию, необходимые в быту. Высокоэффективная конденсационная технология позволила значительно сократить затраты на энергоносители. В котле установлен двигатель Стирлинга с низким уровнем шума и вибрации.

На мероприятии выступил генеральный директор Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) г-н Франк Шауфф. Он рассказал о начале плодотворного сотрудничества и развитии долгосрочных отношений между компанией ООО «Навиен Рус» и АЕБ. Г-н Шауфф также отметил, что вступление компании в Ассоциацию европейского бизнеса положительно скажется на дальнейшем развитии и процветании компании.

Президент компании KD *Navien* г-н Цой Чже Бом поделился планами о строительстве нового завода на территории России.

Однако вопрос по конкретным перспективам, территории и объему пока находится на стадии создания проекта.

## LAVART: инновационные котлы российского производства

**Lavart**  
Создавая тепло

ЗАО «Омский завод инновационных технологий» («ОмЗИТ») на рынке котельного и теплотехнического оборудования существует уже более двух лет. За этот период предприятие успело зарекомендовать себя как стремительно развивающееся и перспективное производство. В связи с утвержденной политикой импортозамещения и активной разработкой соответствующих программ федерального и регионального уровней сегодня продукция ЗАО «ОмЗИТ» становится все более востребованной.



На сегодняшний день закончено строительство первой очереди нового здания завода, где производственные площади составляют 5 тыс. м<sup>2</sup>, в то время как площадь второй очереди планируется 11 тыс. м<sup>2</sup>. В мае 2014 г. по решению губернатора проект строительства завода был включен в перечень приоритетных инвестиционных проектов Омской области.

Жаротрубные котлы LAVART являются инновационным и сравнительно новым оборудованием для российского теплоэнергетического рынка. Как вся технологическая цепочка, так и каждая отдельно взятая технология – это результат анализа методов производства трехходовых жаротрубных котлов в России, Германии, Италии и Южной Корее. Дальнейшая оптимизация и разработка позволила внедрить на заводе как стандартные мировые технологии, так и уникальные, первые в мире.

В настоящее время ЗАО «ОмЗИТ» зарекомендовало себя как надежное и качественное производство газовых, жидкотопливных и твердотопливных котлов. К отличительным особенностям котлов марки LAVART относятся:

- отсутствие угловых сварных соединений (только стыковые и тавровые), что значительно увеличивает коэффициент надежности сварки с 85 до 97 %;

- применение специального устройства, увеличивающего скорость протока теплоносителя вдоль трубной доски делителя до 2 м/с, что резко снижает количество отложений на трубной доске даже при использовании воды ненадлежащего качества;

- использование водоомываемой передней двери у котлов серии R вместо бетона со всеми его проблемами;

- установка автоматики управления с дистанционной диагностикой работы котла;

- внедрение ряда устройств, улучшающих надежность и эксплуатацию котла в виде входных распределительных устройств, центрально расположенной гляделки, взрывного предохранительного клапана,

ревизионных люков и штатно установленных показывающих приборов.

Все котлы адаптированы для работы с большинством горелок европейских производителей. На угольных котлах установлены системы возврата уноса.

Одной из новинок производственной линейки предприятия стали паровые жаротрубные котлы марки LAVART паропроизводительностью до 25 т/ч, работающие под наддувом. Это газогенерные стальные напольные котлоагрегаты с центральным расположением цилиндрической жаровой трубы и симметрично расположеными поверхностями нагрева. В их конструкции использован принцип трехходового прохождения продуктов сгорания. Возможно использование котлов в конденсационной схеме котельной с внешним конденсационным теплообменником. КПД котлов LAVART при работе на природном газе составляет не менее 90 %, при работе на жидкотопливном – порядка 89 %. При этом конструкция котла предусматривает опциональную установку экономайзера, способного увеличить энергоэффективность.

ЗАО «ОмЗИТ» готово предложить различные решения, позволяющие найти финансовый компромисс для реализации того или иного проекта. Завод сотрудничает с муниципальными образованиями, участвует в реализации энергосервисных контрактов. Для коммерческих организаций совместно с ООО «Сименс-Финанс» разработана специальная лизинговая программа с удорожанием от 0,52 % в год.

Мы рады будем представить вам образцы своей продукции на выставочном стенде предприятия на выставке «Aqua-Therm-2015» в Москве с 3 по 6 февраля 2015 г., а также приглашаем посетить наш семинар. Дополнительную информацию по участию в семинаре и приглашение на выставку можно получить по телефону или по адресу электронной почты:

8 (3812) 77-80-77,  
omzit@omzit.ru, www.omzit.ru

# АРМАТУРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

14-16  
АПРЕЛЯ 2015  
МОСКВА  
ВДНХ, ПАВИЛЬОН 69

Организатор:  
ЗАО «Промышленный форум»

Под эгидой:



Информационный партнёр:



[www.valve-forum.ru](http://www.valve-forum.ru)  
info@valve-forum.ru  
+7 (495) 924 555 0

## ЭнергоГазИнжиниринг – авторизованный сервисно-дилерский центр Unical

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», являясь авторизованным сервисно-дилерским центром и официальным представителем итальянской компании Unical AG S.p.A. на территории России, представляет на российском рынке котельное оборудование.

П

родукция компании Unical AG S.p.A., широко известная в Европе, уверенно завоевывает все большую популярность среди участников отечественного теплоэнергетического рынка.

Конструкторы компании постоянно работают над усовершенствованием производимой продукции, расширением ее технических возможностей.

Наибольшее распространение на рынке РФ получили деаэрационные установки компании Unica IAG S.p.A., представленные модельными рядами серий DEAR и DETE.

Серия атмосферных деаэраторов DEAR представлена 10-ю моделями производительностью от 500 до 10 000 кг/ч, выпускаемых Unical AG S.p.A. (Италия). Рабочее давление – до 0,02 бара, рекомендуемая температура питательной воды – 95 °С.

Данный деаэратор предназначен для удаления агрессивных газов из питательной воды парового котла в целях снижения коррозии внутренних поверхностей котла и другого оборудования.

Деаэратор изготовлен из углеродистой стали, поверхность облицована гофрированным алюминием.

Деаэраторы серии DEAR оснащены всеми инструментами и аксессуарами, обеспечивающими правильную работу измерительных приборов (термометров, манометров), приборов измерения и контроля уровня воды (указателя уровня магнитного действия), группы терморегуляции, питательной, слив-

ной группой разбора питательной воды, выпаривания и оснащены панелями управления.

Серия атмосферных деаэраторов DETE представлена 7-ю моделями производительностью от 1500 до 24 000 кг/ч, выпускаемых Unical AG S.p.A. (Италия). Рабочее давление – до 0,5 бара, температура деаэрированной воды – 105 °С.

Деаэраторы серии DETE оборудованы всеми необходимыми контрольно-измерительными приборами, такими как монометры, термометры, водоуказательное стекло, и оснащены панелью управления, группами терморегуляции, подачи питательной воды, сливной группой, группой разбора и регуляции питательной воды.

Успешная работа ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» в сотрудничестве со своими партнерами – монтажными организациями котельного оборудования Unical, отсутствие рекламаций при эксплуатации, отложенное 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 информационной поддержке проектных, монтажных и наладочных организаций путем регулярных размещений публикаций о номенклатуре и технических характеристиках представляемой продукции в технических изданиях и справочниках. А также организует технические семинары для инженерно-технических специалистов на собственной учебной базе.

Вся продукция, представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», сертифицирована согласно нормативам, действующим на территории РФ.



Ознакомиться с ассортиментом продукции компании, получить полную техническую информацию и необходимые сведения о предоставляемых услугах можно на сайте компании [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su), тел./факс (495) 980-61-77.

# «Биотокс» – эффективная промывка теплоэнергетического оборудования

А. Жуйков, генеральный директор ООО «БиоКОМ СПб»

При том что вопросам водоподготовки в последнее время уделяется все больше внимания, зачастую «подготовленная» вода несет в себе опасность отложений в виде карбонатных и металло-оксидных образований, которые имеют гораздо больший объем, чем исходное железо.



Образование отложений на внутренних стенах котлов и другого теплоэнергетического оборудования ведет к снижению теплообмена, ослаблению механической прочности металла, ухудшению протока воды в суженных местах, а со временем и к появлению там пробок, в результате чего сокращается срок службы котельного оборудования. Поставщики тепловых услуг вынуждены фиксировать увеличенное энергопотребление для обеспечения требуемой температуры на выходе и увеличенную нагрузку насосного оборудования. Потребители недовольны качеством предоставляемых услуг и растущими тарифами, в которую поставщик закладывает свои расходы. Еще хуже обстоят дела в тех городах, где, как и в Санкт-Петербурге, используется открытая радиальная схема горячего теплоснабжения. Внедрение закрытой схемы сняло бы ряд проблемных вопросов. Однако попытка применения такого водоснабжения, предпринятая в середине прошлого века, выявила ее недостатки: из-за сильной агрес-

сивности невской воды нагреватели и системы горячего водоснабжения жилых зданий подвергаются воздействию интенсивной внутренней коррозии и быстро выходят из строя.

В настоящее время на рынке представлены следующие методы очистки труб или их комбинации:

– механический. В трубу заводится вращающийся гибкий валик с необходимыми насадками. Самый дорогой метод очистки труб;

– гидродинамический. На участок, пораженный коррозией, подается вода под сильным давлением. К этому методу можно отнести и гидроудар, который очень любят использовать наши коммунальщики перед отопительным сезоном. Результатом таких действий может послужить окончательное забивание и без того малопроточных труб, прорыв и всхивание, что не редкость в практике отечественного теплоснабжения;

– химический. В большинстве случаев трубы промываются серной кислотой. На сегодняшний день это считается самым недорогим и самым действенным способом очистки. Основными его недостатками можно назвать необходимость последующей промывки системы с обработкой ингибиторами и сложности с утилизацией промывочного раствора.

Группа ученых-химиков при Иркутском государственном университете совместно с ООО НПК «Энергия» разработала вещество «Биотокс», которое при дальнейшем усовершенствовании дало целую серию препаратов для различных видов отложений. В настоящее время эта группа веществ спосабна вымыть любые отложения, которые могут образоваться при контакте воды и металла в любых эксплуатаци-

онных условиях. Отложения при этом могут быть любой жесткости, начиная от патогенной микрофлоры и заканчивая известковыми камнями, образованными многолетними процессами отложений (карбонатные отложения, соединения из окислов железа, меди, кальция, магния, фосфатов). Также вещество хорошо отчищает внутренние поверхности с масленой пленкой (светлые и темные нефтяные налеты).

В результате дальнейших научных изысканий в Иркутском государственном университете была разработана и внедрена циркулярно-проточная установка «Посейдон», которая используется:

– для очистки коммунальных систем отопления от накипи и отложений, включая глухие пробки из отложений;

– для очистки внутренних поверхностей теплообменного оборудования промышленного назначения от накипи и отложений;

– для очистки трубопроводов, замкнутых контуров и обвязки систем охлаждения технологического оборудования;

– для дезинфекции систем горячего и холодного водоснабжения;

– для устранения заторов в канализационных стоках.

Возможно применение установки для предотвращения размораживания систем отопления в ЖКХ и социально значимых объектов при аварийных ситуациях на котельных и теплотрассах.

Способ, который применяется на базе «Посейдона» с использованием группы веществ «Биотокс», называется химико-технологическим методом. Неоспоримым его преимуществом является то, что вещества «Биотокс» абсолютно неагрессивны к металлу и окружающей среде, как, например, серная кислота. Причем,

Свойства	МСК	Дескам	Биотокс-1
Активное вещество	Серная кислота	Соляная кислота	Соляная кислота
Агрессивность к металлу, пластику, резине	Агрессивно	Неагрессивно	Неагрессивно
Наличие в составе ингибитора	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Класс опасности в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76	III	III	III
Температура подогрева химической смеси	Не более 60 °C	Не более 55 °C	50 °C
Плотность состава, кг/м <sup>3</sup>	1–1,2	1,08–1,1	1,5
Биоразлагаемость	Да	Да	Да
Наличие щелочи в отходах	Да	Нет	Нет
Температура замерзания	0 °C	0 °C	Не замерзает
Концентрация рабочей смеси	От 1:5 до 1:15	От 1:5 до 1:15	От 1:10 до 1:30
Цена 1 л у производителя	55 руб.	50 руб.	60 руб.
Срок хранения	3 года	3 года	Неограничен
Время промывки*	24 ч	24 ч	8 ч
Тара хранения	Пластик	Пластик	Пластик

\* Взято усредненное значение, указанное производителем и зависящее от многих факторов, в том числе от вида отложения, плотности загрязнения, состояния труб и протяженности магистрали.

в отличие от аналогичных химических способов очистки, промывка систем отопления группой веществ «Биотокс» не оказывает негативного воздействия на внутреннюю поверхность труб.

Соответственно, последующей тщательной промывки и ингибиторной обработки не требуется. После разъедания коррозии и накипи получаемая субстанция приобретает химический состав растворимых солей, что в свою очередь не оказывает негативного влияния на биологический ил, используемый в системах очистки коммунально-канализационного хозяйства. Таким образом, можно отметить,

что «Биотокс» экологически безопасен (третья группа безопасности согласно классификации ГОСТ 12.1.007-76, санитарно-эпидемиологическое заключение №38.ИЦ.05.213.П.000724.07.03, выдано 25 июля 2003 г.).

Другим неоспоримым преимуществом является то, что промывку систем отопления зданий можно осуществлять независимо от отопительного сезона. Группа «Биотокс», в отличие от существующих на рынке моющих веществ, не замерзает, поэтому при выполнении работ обрабатываемый участок теплосети можно спокойно отключать от общей системы отопления. В таблице приводится сравнение свойств «Биотокса» с аналогичными препаратами.

Еще одно достоинство – экономическая выгода применения. Замена системы отопления заказчику обой-

дается в 5–8 раз дороже, чем очистка химико-технологическим методом. К тому же срок проведения работ в разы быстрее, чем демонтаж–монтаж систем отопления.

В настоящее время только две организации на российском рынке предоставляют услугу по промывке систем отопления и охлаждения бесконтактным химико-технологическим методом: компания «БИОКОМ» (г. Иркутск) и ее региональное представительство в Европейской части страны – «БиоКОМ СПб» (Санкт-Петербург).

Работы производятся индивидуально для каждого заказчика в зависимости от поставленных задач и объема. Перед началом работы экспертная группа проводит оценку состояния и эффективности работы теплообменного оборудования, делает качественный и количественный анализ отложений и накипи, осуществляет подбор оптимальных технологических жидкостей и дает определение условий работы по очистке для объекта, а также выполняет контроль качества входящего сырья и технологической жидкости. То есть проводится комплексный водно-химический аудит объекта, инспектируется состояние труб (котлов, радиаторов) на наличие трещин и подтеков. По итогам составляется режимная карта с указанием необходимой концентрации промывочной жидкости и приведением временного плана промывки (в самых сложных случаях для

промывки и пробития заторов требуется время – от 1 до 3 рабочих дней).

С помощью химико-технологического метода можно очистить следующие системы:

– теплоэнергетическое оборудование тепловых сетей, пунктов и отопительных котельных (паровые и водонагревательные котлы низкого и среднего давления, пароводяные и водяные теплообменники, бойлеры, подогреватели, парогенераторы и т.п.);

– водоподготовительное оборудование (участки теплотрасс, трубопроводы, охлаждающие системы промышленных предприятий, системы отопления жилых домов и производственных зданий);

– технологическое и промышленное оборудование (производственные емкости, холодильные установки, системы охлаждения кораблей, тепловозов и вагонов);

– устранение заторов в канализационных и ливневых стоках.



# Котлы наружного размещения КСУВ – на крыше

Л. А. Сердюков, генеральный директор  
ООО «Верхнерусские коммунальные системы», автор 80-ти изобретений

С 2005 г. на крыше 9-этажного корпуса санатория «Кавказ» на металлической этажерке, расположенной над кровлей на высоте 1,5 м, функционируют 6 котлов КСУВ-300 с атмосферными горелками ГИ11-300.

Все вспомогательное оборудование (циркуляционные насосы, теплообменники, химводоочистка) располагаются в подвальном помещении теплового пункта санатория. Отключающая арматура котлов (по подающей и обратной воде) – на верхнем техническом этаже. Вся газовая арматура и подводящие трубопроводы установлены над кровлей санатория.

Опыт использования котлов КСУВ, производства ООО «НПО Верхнерусские коммунальные системы» с установкой их на крыше 9-этажного корпуса санатория «Кавказ» показал высокую экономическую эффективность этого решения. Затраты санатория на отопление и ГВС снизились в 3 раза. Администрация при принятии решений о размещении 6-ти котлов КСУВ-300 с атмосферными горелками, котлов и патрубков дымовых труб на металлической этажерке выше кровли санатория руководствовалась следующим:

- надежностью работы атмосферных горелок ГИП-300 и простотой их обслуживания;
- бесшумностью работы атмосферных горелок внутри теплогидроизолированного корпуса котла.

Дутьевые горелки по уровню шума не удовлетворяют требованиям норм для санаториев. Уровень звука должен быть не более 35 дБ в ночное время. Таким образом, применение дутьевых горелок в котлах наружного размещения для отопления санаторных комплексов недопустимо.



Перед принятием решения о размещении 6-ти котлов КСУВ-300 на крыше 9-этажного корпуса санатория «Кавказ» проектная организация ОАО «Ставропольпромэнергомонт» обратилась в «СантехПИИпроект» и получила заключение о том, что принятые решения по компоновке котельной не содержат элементов опасности, не противоречат требованиям действующих нормативных документов и могут быть рекомендованы к реализации.

Однако принятые решения из-за необходимого крепления 6-ти патрубков дымовых труб высотой 7 м приведет к дополнительным затратам на металлические кронштейны высотой 4–5 м для крепления дымовых труб. Специалисты организации, изучив опыт работы крышной установки с котлами наружного размещения, нашли решение для уменьшения высоты дымовых труб до 1–1,5 м, разместив после дымосборника котла

вентилятор горячего воздуха, удаляющий дымовые газы из топки котла без высокой (и довольно дорогой) дымовой трубы. Кроме того, внедряя самую лучшую, безреагентную, водоподготовку для автономной системы отопления на базе котлов наружного размещения, разработанную патриархом советской тепло-техники, доктором технических наук Е. Я. Соколовым, специалистам организации удалось в каждом котле КСУВ установить деаэрационно-расширительный бак, по объему пропорциональный общей мощности крышной установки, а внутри гидротеплоизолированного корпуса котла смонтировать автоматический терmostатический трехходовой кран с циркуляционным насосом, обеспечивающим прокачку необходимого объема теплоносителя (см. рисунок). Техлообменное оборудование по-прежнему будет располагаться в тепловом пункте. Таким образом, создано модульное изделие

на базе котлов наружного размещения типа КСУВ производства ООО «НПО Верхнерусские коммунальные системы» для размещения их на крыше высоких (более 6-ти этажей) зданий с передовой функцией производства тепла с погодной компенсацией, без постоянного обслуживающего персонала, при этом котлы оборудованы надежными и бесшумно работающими атмосферными модули-

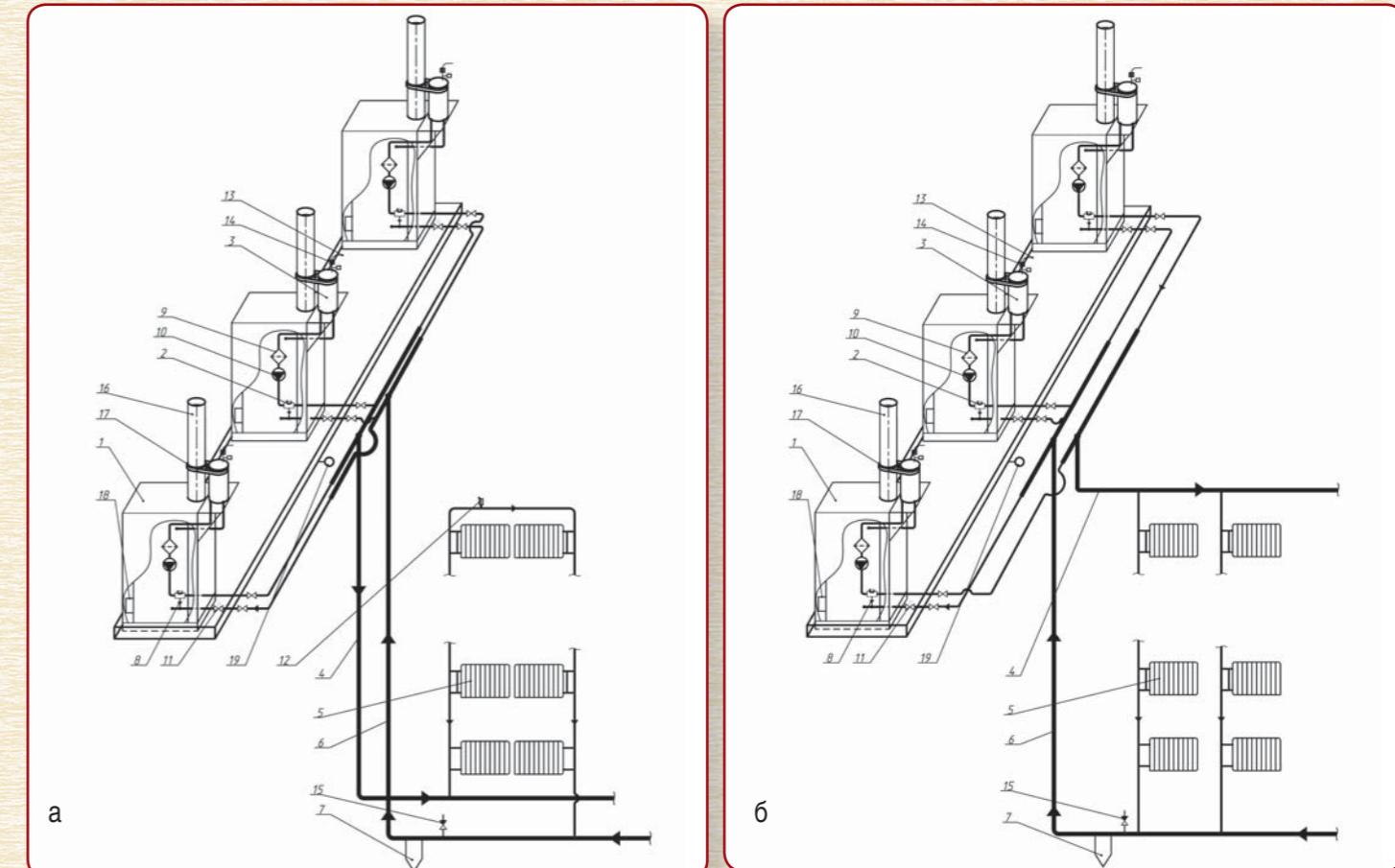


Рисунок. Схема установки трех котлов с дутьевой горелкой на крыше в системе отопления с нижней (а) и верхней (б) разводкой:  
1 – котел КСУВ; 2 – автоматический трехходовой кран; 3 – деаэрационно-расширительный бак; 4 – прямая линия; 5 – прибор отопления; 6 – обратная линия; 7 – грязевой фильтр грубой очистки; 8 – линия котловой циркуляции; 9 – фильтр тонкой очистки; 10 – насос; 11 – предохранительный клапан; 12 – автоматический воздухоотводчик; 13 – переливная трубка; 14 – обратный (дыхательный) клапан; 15 – обратный клапан подпитки системы; 16 – дымовая труба; 17 – кронштейн; 18 – дутьевая горелка; 19 – воронка водостока

руемыми горелками из нержавеющей стали, что позволяет экономить до 15 % газового топлива.

Известно, что конденсационные котлы дороже обычных в 2 раза и, как правило, в условиях РФ не окупаются, поэтому решение о производстве и поставках конденсационных модификаций на рынок, где та же модель уже хорошо зарекомендовала себя в традиционном исполнении, могло привести к немалым экономическим рискам для компании. Однако экономический эффект от применения котла КСУВ-100 с конденсационным теплообменником возрос на 60 тыс. рублей при удорожании котла на 81 тыс. рублей, т. е. конденсационная приставка окупается за 1,5 года, а остальные 13,5 лет эксплуатационного срока дают экономию более 800 тыс. рублей.

Все котлы КСУВ конденсационного типа, как и обычные, оснащаются рабочими терmostатами с погодной компенсацией, автоматически обеспечивающими регулирование мощности газогоре-

лочного устройства в зависимости от температуры наружного воздуха.

Модульные котлы КСУВ конденсационного типа приобрели еще одно важное свойство: им также не нужна высокая и дорогая дымовая труба, так как дымовые газы удаляются вентилятором горячего воздуха.

Модульные котлы КСУВ конденсационного типа с атмосферной горелкой из нержавеющих материалов могут устанавливаться и на крышах отапливаемых зданий. Размещение на котле деаэрационно-расширительного бака, а также циркуляционного насоса в тепло-гидроизолированном корпусе еще более удешевляет систему отопления с конденсационными котлами КСУВ, и конденсационная приставка окупается за 1,5 года, а общая экономия газа достигает 40 %.

# Паровые жаротрубные котлы в Рунете

На русскоязычных сайтах ведущих производителей паровых жаротрубных котлов представлена подробная информация о выпускаемой продукции (технические характеристики на паровые котлы и парогенераторы, руководства по их монтажу и эксплуатации, сертификаты качества и разрешения, требования к воде).

<http://www.babcock-wanson.ru>



Сайт компании Babcock Wanson, входящей в группу CNIM Group, содержит большое количество информации о ее продукции (паровые и водогрейные котлы, промышленные горелки, термомасляные котлоагрегаты, скоростные прямоточные парогенераторы, термические окислители, установки по водоподготовке и другое оборудование). Также на сайте уделено много внимания поддержке клиентов и обучению специалистов. Кроме предложения запчастей, в разделе «Услуги» можно получить информацию о послепродажном обслуживании, восстановлении и модернизации оборудования, аренде котельных и другие сведения.

<http://www.buderus.ru>

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

<http://www.erensan.com.tr/ru>

На сайте турецкого производителя Erensan можно ознакомиться с продукцией компании: водогрейными и паровыми котлами, котлоагрегатами на перегретой воде, паровыми котлами на твердом топливе и др. Кроме технического описания оборудования, здесь есть информация об учебных семинарах, географии сервисных и сбытовых подразделений (в том числе о российской дочерней компании Erensan Rusya Ltd.), приводятся все сертификаты и партнерские соглашения (в том числе с итальянскими производителями горелок Riello Bruciatori и C.I.B. Unigas burners). Кроме русскоязычного сайта собственно Erensan, информацию о паровых котлах этой марки можно найти на сайте компании «Энерго-ГазИнжиниринг» ([www.energogas.su](http://www.energogas.su)), которая занимается их продажей и техническим обслуживанием.

<http://www.ferroli.ru>



Кроме технического описания котлов производства 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, детализации различных агрегатов, требования к гарантийным центрам и др. В разделе «Маркетинг» можно скачать рекламные буклеты, фотографии оборудования, календари и газету компании.

<http://www.garioni-naval.com>



Уже на главной странице сайта итальянской компании Garioni Naval приводится информация о паровых котлах и парогенераторах: это жаротрубные котлы серий NGT (трехходовые) и NG-C (двухходовые) производительностью по пару от 0,165 до 20 т/ч, паровые котлы низкого давления GBP, трехходовые змеевиковые парогенераторы GMT. Также на сайте можно получить данные о водогрейных котлах этого производителя, судовых котлоагрегатах и котлах на диатермическом масле. В разделе «Контакты» можно узнать почтовые адреса и телефоны официального дистрибутора Garioni Naval – ООО «ФорсТерм Системс».

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



Промышленная группа «Генерация» объединяет ряд предприятий, занимающихся производством широкого ассортимента энергетического оборудования и разработкой комплексных решений для нефтегазодобывающей отрасли и теплоэнергетики. На сайте размещены сведения о предприятиях, входящих в состав группы, и о выпускаемой ими продукции. Также здесь можно скачать опросные листы для заказа котельных установок, электростанций и электротехнической продукции, получить информацию об объектах, реализованных компанией, узнать ее контактные данные. В ассортименте промышленной группы «Генерация» представлены жаротрубные трехходовые паровые котлы Ем-1,0-0,9 ГМН, Ем-1,6-0,9 ГМН и Ем-2,5-0,9 ГМН с производительностью по пару 1, 1,6 и 2,5 т/ч, соответственно.

<http://www.icicaldaie.com>

Официальный сайт концерна ICI Caldaie (Италия). Компания производит и поставляет в Россию водогрейные и паровые котлы, котлы на перегретой воде и на диатермическом масле, каскадную автоматику. На сайте представлены разделы, посвященные продукции и услугам, также здесь можно скачать сертификаты на оборудование ICI Caldaie. Паровые котлы представлены четырьмя сериями: FX, BX, Sixen и GX с производительностью по пару от 0,05 до 25 т/ч.

<http://www.unicalag.it>



Итальянский сайт компании Unical (есть русскоязычная директория). Основная информационная часть посвящена оборудованию компании: настенным и напольным обычным, конденсационным и паровым котлам, водонагревателям, бытовым и промышленным бойлерам, твердотопливным котлам и т. д. Компания выпускает три серии паровых котлов: Unical BAHR Uno, Unical BAHR 12 и Unical Trypass 12/15 паропроизводительностью от 0,2 до 15 т/ч.

<http://www.viessmann.ru>



Сайт концерна Viessmann (Германия) разбит на несколько основных блоков. Раздел «Продукты» содержит большое количество технической информации, касающейся различного производимого оборудования. В разделе «Сервисы» можно получить сведения о технической поддержке, оказываемой специалистами Viessmann, узнать адреса сервисных центров (по округам), ознакомиться с условиями гарантийного обслуживания, скачать специальное ПО. В разделе «Академия» приводятся данные об инструктажах и информационных мероприятиях, предназначенных для технических специалистов. Здесь же можно подать заявку на участие в них.

<http://www.wolf-energy-solution.tiu.ru>

На сайте ООО «Вольф Энерджи Солюшн» можно найти информацию о жаротрубных двух- и трехходовых паровых котлах мощностью от 0,5 до 5 Мвт, водотрубных газоплотных котлах мощностью от 3 до 58 Мвт. В разделе «Контакты» приводятся почтовые адреса и телефоны этого самарского производителя. Также продукции марки посвящен сайт Центра инновационных технологий Wolf <http://www.wolf.pul.ru>. Это сетевой ресурс крупного немецкого производителя котельного оборудования, водонагревателей, солнечных коллекторов, тепловых насосов и автоматических систем управления. На сайте размещены подробные сведения о продукции Wolf, полный прайс-лист в формате Excel, список российских партнеров компании, контактная информация и несколько видеофильмов, рассказывающих о современных отопительных технологиях.

<http://www.ziosab-don.ru>

С 2003 г. завод энергетического машиностроения «ЗИОСАБ-ДОН» выпускает жаротрубные водогрейные и паровые котлы промышленной мощности и на их основе осуществляет проектирование и строительство котельных. На сайте представлена номенклатура выпускаемых котлоагрегатов, размещены сведения о компании и о реализованных ею проектах, прайс-листы на продукцию, разрешения и сертификаты, контактная информация (включая дилерскую сеть). Компания выпускает паровые котлы низкого давления Зиосаб-600П производительностью 600 кг/ч и газотрубные трехходовые котлы FR производительностью от 1 до 20 т/ч.

## Дебют CityExpo на ВВЦ

14–16 октября 2014 г. на ВВЦ в Москве (павильон № 75) проходила первая Международная выставка оборудования и технологий для градостроительства, энергоснабжения и городской инфраструктуры CityExpo. Ее экспоненты представляли в основном промышленное оборудование и технологии, в том числе информационно-коммуникативные, предназначенные для крупных объектов.

Выставка CityExpo была проведена на базе двух отраслевых мероприятий: градостроительной выставки CityBuild и выставки газового, теплоэнергетического и отопительного оборудования CityEnergy. Совместное проведение двух мероприятий в прошлом году показало, что их тематика эффективно дополняет друг друга. А синергетический эффект от расширения тематик экспозиций, в частности, высокий процент пересечения целевой аудитории, позволил участникам объединенной выставки установить более широкий бизнес-контакт с потребителями их продукции и услуг.

Среди посетителей выставки доля специалистов в области теплоснабжения составляла примерно 27 %, сфера



водоснабжения и водоподготовки интересовала около 18 %, автономного энергоснабжения и альтернативной энергетики – 15 и 13 %, соответственно.

Разделы выставки освещали в комплексе основные направления развития города. Ее участники – компании-производители и поставщики оборудования и технологий для градостроительства, подземного строительства, тепло- и энергоснабжения, городской инфраструктуры, а также проектные и архитектурные организации, а ее основные разделы – подземное строительство, ЖКХ, тепло-, газо- и электроснабжение. Среди представленных экспонатов – современные паровые котлы концерна Bosch мощностью до 55 т/ч (экспонент ООО «Бош Термотехника»), системы автоматизации с новыми контроллерами для ЖКХ компании «Овен», дизайнерские экраны для радиаторов, осушители воздуха, вентиляторы, мобильные жидкотопливные и стационарные газовые нагреватели воздуха компании MCS Group (торговая марка Master).

В рамках деловой программы выставки прошел Международный форум комплексного развития городов с пленарными и секционными заседаниями, среди которых – «Эффективность использования интеллектуальных систем для объектов городской инфраструктуры», «Реализация и перспективы развития государственной программы энергосбережения и повышения энергоэффективности в строительстве, промышленности и ЖКХ», «Зеленое строительство».

Экологические технологии для устойчивого развития города. Актуальные



вопросы для проектировщиков энергетического оборудования и эксплуатационных служб обсуждались на конференции «Основные аспекты и изменения законодательства в области промышленной безопасности», организатором которой выступила СРО НП «КотлоГазМонтажСервис».

## IV российско-китайский энергетический форум в Челябинске

10 декабря 2014 г. в Челябинске состоялся IV Международный энергетический форум «Российско-китайский бизнес-диалог: энергетическое партнерство двух стран». Организатором выступила Ассоциация малой энергетики Урала при поддержке Комитета энергетики Госдумы РФ и Правительства Челябинской области. В работе форума приняли участие представители власти и ведущих энергетических компаний Южного Урала и КНР.

Главная цель мероприятия – обсуждение перспектив развития совместных проектов в области электроэнергетики, а также расширение двустороннего взаимодействия в сфере модернизации энергетической инфраструктуры региона.

Проведение первого в истории Уральского федерального округа российско-китайского энергетического форума в Челябинске не случайно. Южный Урал и КНР уже длительное время связывают прочные экономические отношения, обусловленные как удобным географическим положением и наличием логистической базы, так и благоприятным инвестиционным климатом в регионе. В 2014 г. в ходе официального визита губернатора Челябинской области Бориса Дубровского в г. Урумчи был подписан Меморандум о сотрудничестве между Южным Уралом и Синьцзян-Уйгурским автономным районом КНР. Это дало новый импульс развитию совместных проектов в разных отраслях экономики, в том числе и в области электроэнергетики.

В настоящее время в регионе на стадии запуска находятся несколько совместных энергетических проектов. Южный Урал и КНР планируют развивать сотрудничество по четырем направлениям, в том числе и в области солнечной энергетики.

Особое внимание будет уделяться масштабной модернизации и повышению безопасности, надежности и эффективности работы электросетевого комплекса Южного Урала. В рамках форума рассматривались практические аспекты партнерства в реализации совместных энергетических проектов на территории

области и обсуждались долгосрочные стратегические перспективы российско-китайского сотрудничества.

В работе IV Международного энергетического форума «Российско-китайский бизнес-диалог: энергетическое партнерство двух стран» приняли участие официальные представители посольства Китая в России, представители комитета энергетики Госдумы РФ, Правительства Челябинской области, руководители ведущих энергетических компаний Южного Урала и КНР. На форуме обсуждались следующие основные вопросы:

– инвестиционный климат Южного Урала и возможности привлечения китайских инвестиций в энергетический сектор региона;

– передовой опыт и прорывные проекты ведущих энергетических компаний России и КНР;

– поставки электротехнической продукции энергомашиностроительных компаний КНР с локализацией производства на Южном Урале;

– увеличение инвестиционных возможностей для модернизации российского энергетического сектора с использованием передовых технологий КНР.

Также в основную программу мероприятия входили презентации и оценочный анализ совместных российско-китайских энергетических проектов, реализуемых на территории Челябинской области.

Во время проведения форума была вручена Национальная премия «Малая энергетика – большие достижения», получившая в 2014 г. статус всероссийской. Организатором конкурса выступила Ассоциация малой энергетики Урала при поддержке Министерства энергетики РФ.

В жюри вошли ведущие эксперты бизнес-сообщества РФ, представители федеральных и региональных органов государственной власти, коммерческих и некоммерческих структур.

Возглавил экспертный совет премии председатель подкомитета по малой энергетике Госдумы РФ Сергей Ясеков.



## «Котлы и горелки» на новом месте

В этом году, покинув выставочный комплекс «Ленэкспо» в гавани Васильевского острова, XII международная специализированная выставка по теплоэнергетике «Котлы и горелки», проходившая с 7 по 10 октября в Санкт-Петербурге, впервые разместилась на площадях павильона №2 нового выставочного комплекса КВЦ «Экспофорум» на Петербургском шоссе. Комплекс выстроен недалеко от международного аэропорта Пулково и кольцевой автодороги, в перспективе рядом пройдет скоростная платная автомагистраль Москва – Санкт-Петербург.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Традиционные участники выставки «Котлы и горелки» – производители оборудования для крупных предприятий энергетической отрасли, небольших организаций и частных потребителей.

Из котельного оборудования большой мощности привлекали внимание посетителей стенды компании «Авитон» (Санкт-Петербург), поставляющей котельные наружного размещения ТГУ-Норд (ООО «Северная компания», Санкт-Петербург) (рис. 1), ЗАО «Уромгаз», в производственной линейке которых также присутствуют котлы наружного размещения IRGAZ с номинальной производительностью 0,2, 0,4 и 0,6 МВт, а также блочно-модульные котельные.

Еще один производитель блочно-модульных котельных ЗАО «Ставан-М» (Москва) сделал главный акцент в своей экспозиции на новую серию конденсационных котлов «Ставан-АБМК/АЛГ» мощностью от 0,35 до 1,0 МВт, оборудованных конденсационным теплообменником

собственной разработки (рис. 2), изготовленным из прочного алюминиевого сплава.

Новый котел Magna Therm также демонстрировался на выставке компанией Laars (США) (рис. 3).

Стенд известного производителя котельного оборудования из Республики Беларусь – НПП «Белкотломаш» (рис. 4) также неслучайно занимал заметное место на выставке.

Котельное оборудование, выпускаемое этой компанией, в том числе водогрейные жаротрубно-дымогарные котлы типа ВА теплопроизводительностью от 0,5 до 12 МВт, пользуются спросом не только в Северо-Западном федеральном округе, но в других регионах РФ.

Одним из преимуществ котлов ВА – возможность эксплуатации с горелочными устройствами всех известных мировых и отечественных производителей.

Газогорелочное оборудование было представлено системами Maxon (подразделение Honeywell Company), все управление работой этого оборудования осуществляется с помощью автоматики Honeywell (рис. 5). Также свою продукцию на выставке экспонировали такие известные производители, как Weishaupt, Ray (рис. 6), отечественное оборудование было представлено рекуперативными горелками «ТЕСКА» (Екатеринбург) (рис. 7), рассчитанными на эксплуатацию с отечественными котлами большой мощности.

Немало демонстрировавшегося оборудования было предназначено для отопления производственных помещений. В

частности, оборудование для систем воздушного отопления было представлено на стенде компании «Нортекс проминжиниринг», там экспонировались подвесные и напольные газовые и дизельные воздухонагреватели Norgas для отопления и вентиляции промышленных и коммерческих объектов, а также дизельные и газовые рециркуляционные нагреватели, особенно эффективные для обогрева больших складских и производственных помещений, не имеющих внутренних перегородок.

Один из интересных образцов оборудования для систем воздушного отопления, представленных на выставке, – газовый конденсационный воздухонагреватель серии CAU Н французского производителя Yahtec. КПД этого воздухонагревателя от 98 до 108 % в зависимости от режима работы. В серию входят 6 моделей мощностью от 30 до 70 кВт, предназначенных для обогрева складских, производственных и выставочных помещений.

Бытовая котельная техника была представлена газовыми котлами Ariston Thermo (Италия), Rinnai (Южная Корея), Thermona (Чехия), электрическими котлами Wespe Heizung (Германия). Компания Ariston Thermo приняла участие в выставке с имиджевым стендом, представив два бренда – Ariston (с акцентом на линейке газовых котлов EVO) и Rendamax (конденсационные котлы серии R600 мощностью 142–539 кВт с возможностью подключения в каскад до 16 единиц оборудования).

На своем стенде компания представила серию видеороликов, демонстрирующих предлагаемый на отечественном рынке модельный ряд.

Особое внимание было уделено новой линейке газовых котлов EVO, разработанных в рамках проекта Galileo Evolution. Серия EVO включает одноконтурные и двухконтурные котлы как традиционные, так и конденсационные. Категория CLAS EVO относится к среднему ценовому сегменту, GENUS EVO – к премиальному. Отличительная особенность этих котлов – адаптация конструкции под российские требования. В

частности, они надежно защищены от таких проблем, как скачки напряжения в сети, низкое давление газа и жесткая вода с высоким содержанием солей. Также все котлы EVO отличает дополнительная шумо- и теплоизоляция, что гарантирует безопасность при монтаже и эксплуатации.

Модели Evolution производятся в Италии, в г. Озимо, на заводе Ariston Thermo Group. Они снабжены интуитивно понятным русифицированный интерфейсом, лаконичным для более простых устройств и максимально функциональным для продвинутой техники.

Одновременно с выставкой «Котлы и горелки – 2014» в том же выставочном комплексе проводилась 18-я международная специализированная выставка газовой промышленности и технических средств для газового хозяйства «РОС-ГАЗ-ЭКСПО – 2014», а также и 6-я специализированная выставка «Энергосбережение и энергоэффективность, инновационные технологии и оборудование – 2014».

Оборудование для электрохимической защиты металлических емкостей и трубопроводов от коррозии – одно из направлений, которому уделялось внимание на этих мероприятиях. В частности, станции катодной защиты экспонировались на стенах ООО «Центр инновационных технологий Э.С.».

Гибкие полимерные, армированные волокном Kevlar теплоизолированные трубы «ИЗОПРОФЛЕКС-А», предназначенные для подземной бесканальной прокладки сетей горячего водоснабжения и низкотемпературного теплоснабжения, также пользовались повышенным вниманием посетителей.

В рамках деловой программы выставки проводился Международный конгресс «Региональный и международный опыт в реализации программ энергосбережения», где российским специалистам был предложен целый спектр оптимальных решений проблем энергосбережения, в частности, на презентации действующих инновационных проектов российских и зарубежных фирм, реализованных на конкретных предприятиях энергетического комплекса России.



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

## ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

# Календарь специализированных выставок на январь-май 2015 г.

Выставки	Время проведения	Место проведения	Информация
<b>Российские</b>			
<b>Специализированная выставка строительных материалов. Бизнес-форум «Энергоэффективные здания сегодня. Нормы и практика их применения»</b>	27–30 января	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	<a href="http://www.piscinamoscow.ru">www.piscinamoscow.ru</a>
<b>SibBuild Строительство и интерьер</b>	3–6 февраля	Новосибирск, «Новосибирск Экспоцентр»	<a href="http://www.sibfair.ru">www.sibfair.ru</a>
<b>Aqua-Therm Moscow XIX</b>	3–6 февраля	Москва, МВЦ «Крокус Экспо»	<a href="http://www.aquatherm-moscow.ru">www.aquatherm-moscow.ru</a>
<b>Нефть. Газ. Энерго – 2015</b>	11–13 февраля	Оренбург, СКК «Оренбуржье»	<a href="http://www.uralexpo.ru">www.uralexpo.ru</a>
<b>Усинск. Нефть и газ. Энерго. Строительство. ЖКХ. Энергоресурсосбережение.</b>	12–13 февраля	Усинск (Республика Коми), ВЦ «Дворец Культуры»	<a href="http://www.exporu.all.biz/usinsk-neft-i-gaz-energo-expo26699">www.exporu.all.biz/usinsk-neft-i-gaz-energo-expo26699</a>
<b>Aqua-Therm Novosibirsk (отопление, водоснабжение, сантехника, кондиционирование, вентиляция и оборудование для бассейнов, саун и спа)</b>	17–20 февраля	Новосибирск, Экспоцентр	<a href="http://www.aquatherm-novosibirsk.ru">www.aquatherm-novosibirsk.ru</a>
<b>Энергетика Закамья</b>	18–20 февраля	Набережные Челны, ВЦ «Экспо-Кама»	<a href="http://www.zakamenergo.ru">www.zakamenergo.ru</a>
<b>Стройиндустрия Севера. Энергетика. ЖКХ</b>	25–27 февраля	Якутск, СК «50 лет Победы»	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>Воронежский промышленный форум</b>	март*	Воронеж	<a href="http://www.veta.ru">www.veta.ru</a>
<b>Мир Климата (системы кондиционирования, вентиляции, торгового и промышленного холода, теплоснабжения)</b>	3–6 марта	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	<a href="http://www.climateexpo.ru">www.climateexpo.ru</a>
<b>УралСтройЭкспо. Энерго- и ресурсосбережение</b>	10–13 марта	Челябинск, ДС «Юность»	<a href="http://www.pvo74.ru">www.pvo74.ru</a>
<b>Алтай: Строительство. Энергетика. ЖКХ. Газификация</b>	11–13 марта	Горно-Алтайск, Национальный театр РФ	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>ЖКХ и Энергетика –Электроснабжение. Теплоснабжение. Газоснабжение. Энергосберегающие технологии и материалы. Оборудование и техника для ЖКХ.</b>	18–20 марта	Якутск	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>Стройурал</b>	18–20 марта	Оренбург, СКК «Оренбуржье»	<a href="http://www.uralexpo.ru">www.uralexpo.ru</a>

Выставки	Время проведения	Место проведения	Информация
<b>Экология большого города (инновационные технологии в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности)</b>	18–20 марта	Санкт-Петербург, Экспофорум	<a href="http://www.expoforum-center.ru">www.expoforum-center.ru</a>
<b>ЖКХ России</b>	18–20 марта	Санкт-Петербург, Экспофорум	<a href="http://www.expoforum-center.ru">www.expoforum-center.ru</a>
<b>Aqua-Therm St. Petersburg (бытовое и промышленное оборудование для отопления, водоснабжения, сантехники, кондиционирования, вентиляции, бассейнов, саун и СП)</b>	18–21 марта	Санкт-Петербург, Экспофорум	<a href="http://www.expoforum-center.ru">www.expoforum-center.ru</a>
<b>Салон каминов</b>	26–29 марта	Москва, МВЦ «Крокус Экспо»	<a href="http://www.salon-kaminov.ru">www.salon-kaminov.ru</a>
<b>Строительство</b>	апрель*	Воронеж, ВЦ «Вета»	<a href="http://www.veta.ru">www.veta.ru</a>
<b>Отопление. Водоснабжение. Кондиционирование</b>	7–10 апреля	Уфа, «Уфа-Арена»	<a href="http://www.bvkexpo.ru">www.bvkexpo.ru</a>
<b>Строй-Экспо Татарстан</b>	8–10 апреля	Набережные Челны, ВЦ «Экспо-Кама»	<a href="http://www.tatbuild.ru">www.tatbuild.ru</a>
<b>Строительство. Энергетика. ЖКХ. Газификация</b>	22–24 апреля	Курган, СК «Молодежный»	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>Сибирский дом</b>	23–26 апреля	Новосибирск, «Новосибирск Экспоцентр»	<a href="http://www.sibfair.ru">www.sibfair.ru</a>
<b>Ярмарка недвижимости (современные технологии строительства и инженерное оборудование)</b>	4–5 мая	Сочи, Гранд Отель «Жемчужина»	<a href="http://www.soud.ru">www.soud.ru</a>
<b>Строймаркет. Энергетика. ЖКХ</b>	14–15 мая	Нижневартовск, Дворец искусств	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>Российский международный энергетический форум</b>	19–22 мая	Санкт-Петербург, Экспофорум	<a href="http://www.expoforum-center.ru">www.expoforum-center.ru</a>
<b>Энергетика и электротехника</b>	19–22 мая	Санкт-Петербург, Экспофорум	<a href="http://www.expoforum-center.ru">www.expoforum-center.ru</a>
<b>Весна: Строительство. Энергетика. ЖКХ</b>	22–24 мая	Кызыл	<a href="http://www.ses.net.ru">www.ses.net.ru</a>
<b>СитиПайп</b>	26–28 мая	Москва, МВЦ «Крокус Экспо»	<a href="http://www.citypipe.ru">www.citypipe.ru</a>
<b>ВестТэк (выставка-форум: управление отходами, природоохранные технологии и возобновляемые источники энергии)</b>	26–28 мая	Москва, МВЦ «Крокус Экспо»	<a href="http://www.waste-tech.ru">www.waste-tech.ru</a>
<b>Зарубежные</b>			
<b>BAU 15 (материалы и строительные системы)</b>	19–24 января	Мюнхен, Германия	<a href="http://www.messe-muenchen.de">www.messe-muenchen.de</a>
<b>Solar Prague (солнечная энергия)</b>	22–24 января	Прага, Чехия	<a href="http://www.strechy-praha.cz">www.strechy-praha.cz</a>
<b>E-world Energy &amp; Water (энергетика, вода)</b>	10–12 февраля	Эссен, Германия	<a href="http://www.e-world-2013.com">www.e-world-2013.com</a>

Выставки	Время проведения	Место проведения	Информация
<b>Aqua-Therm Nitra</b>	10–13 февраля	Нитра, Словакия	<a href="http://www.agrokcomplex.sk">www.agrokcomplex.sk</a>
<b>Moderna Vytapeni (современное отопление)</b>	11–14 февраля	Прага, Чехия	<a href="http://www.modernivytapeni.cz">www.modernivytapeni.cz</a>
<b>Water China/ PVP China (технологии водоочистки)</b>	9–11 марта	Гуанчжоу, Китай	<a href="http://www.expo-asia.ru">www.expo-asia.ru</a>
<b>ISH (климатическое оборудование, сантехника, энергосбережение, возобновляемая энергия)</b>	10–14 марта	Франкфурт-на-Майне, Германия	<a href="http://www.ish.messefrankfurt.com">www.ish.messefrankfurt.com</a>
<b>BishkekBuild (строительство)</b>	25–27 марта	Бишкек, Кыргызстан	<a href="http://www.bishkekbuild.kg">www.bishkekbuild.kg</a>
<b>EXPEC</b>	26–28 марта	Пекин, Китай	<a href="http://www.expec.com.cn">www.expec.com.cn</a>
<b>EPIE (защита окружающей среды, водоотведение и водоочистка)</b>	30 марта – 1 апреля	Шанхай, Китай	<a href="http://www.epiexpo.com">www.epiexpo.com</a>
<b>Water Purification (системы очистки воды, приборы)</b>	30 марта – 1 апреля	Шанхай, Китай	<a href="http://www.water.chinacleanexpo.com">www.water.chinacleanexpo.com</a>
<b>Вода и Тепло</b>	31 марта – 3 апреля	Минск, Беларусь	<a href="http://www.expoform.by">www.expoform.by</a>
<b>Bio-Energy Summit &amp; Expo</b>	1–3 апреля	Пекин, Китай	<a href="http://www.cleanenergyexpochina.com">www.cleanenergyexpochina.com</a>
<b>Distributed Energy China (DE China)</b>	1–3 апреля	Пекин, Китай	<a href="http://www.cleanenergyexpochina.com">www.cleanenergyexpochina.com</a>
<b>InterSolar China</b>	1–3 апреля	Пекин, Китай	<a href="http://www.intersolarchina.com">www.intersolarchina.com</a>
<b>Air Purification &amp; Disinfection Technology Products (оборудование для очистки воздуха и дезинфекции)</b>	9–11 апреля	Пекин, Китай	<a href="http://www.cekqjh.com">www.cekqjh.com</a>
<b>QIFA China CEWTE (водоснабжение и канализация)</b>	9–11 апреля	Пекин, Китай	<a href="http://www.wswte.com">www.wswte.com</a>
<b>SolarEX (солнечная энергетика; оборудование для охлаждения воздуха)</b>	9–11 апреля	Стамбул, Турция	<a href="http://www.gunesenerji.com">www.gunesenerji.com</a>
<b>AtyrauBuild (строительство и интерьер, отопление и вентиляция)</b>	14–16 апреля	Атырау, Казахстан	<a href="http://www.atyraubuild.kz">www.atyraubuild.kz</a>
<b>CNHE (источников тепла, систем отопления и технологии HVAC)</b>	22–24 апреля	Сиань, Китай	<a href="http://www.cnhe.com.cn">www.cnhe.com.cn</a>
<b>Белорусский промышленный форум (ресурсосбережение, энергоэффективные технологии)</b>	12–15 мая	Минск, Беларусь	<a href="http://www.exponet.ru">www.exponet.ru</a>
<b>ISH China &amp; CIHE (тепловое, сантехническое, климатическое оборудование и энергоэффективные технологии)</b>	13–15 мая	Шанхай, Китай	<a href="http://www.messefrankfurt.com">www.messefrankfurt.com</a>
<b>AstanaBuild (отопление и вентиляция)</b>	19–21 мая	Астана, Казахстан	<a href="http://www.astanabuild.kz">www.astanabuild.kz</a>
<b>CEB.Clean Energy &amp; Passivehous</b>	20–22 мая	Штутгарт, Германия	<a href="http://www.cep-expo.de">www.cep-expo.de</a>

\*Время проведения выставки будет уточнено

## «Вода в промышленности–2014»

28–29 октября 2014 г. в ГК «Измайлово» (г. Москва) состоялась Пятая межотраслевая конференция «Вода в промышленности – 2014», организованная ООО «ИНТЕХЭКО». Традиционно аудитории были продемонстрированы лучшие технологии и оборудование для водоподготовки, водоочистки и водопользования на промышленных предприятиях.

Дефицит водных ресурсов и необходимость уменьшения объема стоков требуют применения в производстве оборотного водоснабжения и повторного использования воды, что подразумевает использование специальных технологий очистки воды и постоянный аналитический контроль ее качества.

Ежегодная межотраслевая конференция «Вода в промышленности» призвана помочь сделать правильный выбор технологий и оборудования для водоподготовки, водоочистки и контроля качества воды. Ее участники имели возможность познакомиться с современными решениями, найти новых партнеров, проектировщиков, поставщиков и заказчиков. Цель конференции «Вода в промышленности» – способствовать внедрению новейших технологий, решений и оборудования для водоснабжения, водоподготовки и водоочистки на предприятиях черной и цветной металлургии, энергетики, ТЭЦ, ГРЭС, ТЭС, АЭС, цементолозно-бумажных комбинатах, химических, машиностроительных, цементных, нефте- и газоперерабатывающих заводах и других предприятиях промышленности.

На пятой конференции «Вода в промышленности – 2014», обсуждались вопросы о различных способах обработки воды; подготовке и глубокой очистке промышленных сточных вод; абсорбции, озонировании, фильтровании, глубоком окислении; нанотехнологиях; современных методах подготовки чистой и ультрачистой воды; замкнутых системах водопользования; решениях проблем накипеобразования, коррозии и биообрастания в системах оборотного водоснабжения; новейших приборах контроля качества воды и автоматизации систем водоподготовки и водоочистки; современных насосах, арматуре, компенсаторах и другом оборудовании отечественных и зарубежных производителей.

Участие в Пятой межотраслевой конференции «Вода в промышленности – 2014» приняли около 200 делегатов более

чем из 80-ти компаний пяти стран мира. Они представляли интересы предприятий металлургии, энергетики, нефтегазовой и других отраслей промышленности, производителей водоочистного оборудования и инжиниринговых компаний.

В основной программе мероприятия были рассмотрены вопросы водоочистки и водоподготовки в промышленности на примере компании ООО «ИНТЕХЭКО», обсуждались современные методы конструирования новых и модернизации находящихся в эксплуатации сооружений водоподготовки, оценивались новые методы химической обработки воды при ее вторичном использовании и практический опыт применения новой реагентно-кatalитической технологии обработки воды MOL@Clean. Традиционно большой интерес вызвал доклад о способах снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности промышленных установок обратного осмоса. Тема оптимизации процессов водоподготовки была затронута в сообщениях о компактном оборудовании для УФ обеззараживания воды, об организации экономичной системы эффективной тупиковой микрофильтрации при очистке больших потоков.

Из докладов, более близких к теплоэнергетической тематике, можно выделить сообщение о современных технологиях обработки котловой воды с применением пленкообразующих аминов (см. раздел «Водоподготовка» в настоящем номере журнала).

Также на конференции были рассмотрены опыт эксплуатации угольного сорбента для очистки вентиляционного воздуха от неприятно пахнущих веществ; опыт применения высокоеффективных компактных отстойников-флокуляторов для водоподготовки и очистки промышленных вод; примеры оптимизации реагентного хозяйства с использованием оборудования ProMinent. Вниманию профессиональной аудитории были пред-



ставлены аэрационные системы для очистных сооружений на базе аэраторов; инновационные решения в области обезвоживания; аналитическое и лабораторное оборудование для анализа качества воды и многие другие актуальные темы, касающиеся технологий и оборудования для водоснабжения, водопользования, водоподготовки и водоочистки промышленных предприятий.

Все докладчики отметили, что конференция предоставила уникальную возможность для обмена знаниями и опытом, дала новые импульсы и контакты ее участникам, позволила комплексно ознакомиться с различными технологиями и оборудованием для установок водоподготовки и водоочистки в промышленности, новыми решениями для модернизации индустриальных систем водоснабжения и водопользования, отличающимися высокой эффективностью, низкими эксплуатационными затратами, надежностью и продолжительностью работы.

В дополнение к докладам в холлах конференц-зала проводилась выставка по технологиям и оборудованию для систем водоочистки и водоподготовки, где были представлены рекламные стенды 12-ти компаний.

Шестая межотраслевая конференция «Вода в промышленности – 2015» состоится 27–28 октября 2015 г. в Москве в ГК «Измайлово».

# История теплового насоса

В. Вохмин

Как известно, работа холодильника и теплового насоса описывается в термодинамике одним циклом Карно для холодильной машины. Поэтому история создания теплового насоса неразрывно связана с историей создания холодильных установок.

**В** 1852 г. выдающийся британский физик и инженер Уильям Томсон (lord Кельвин) предложил теплонасосную систему, которую назвал «умножителем тепла», именно с этого момента принято отсчитывать историю тепловых насосов. Однако французский физик Сади Карно сформулировал принципы работы теплового насоса еще в 1824 г., а если учесть, что этот принцип идентичен работе холодильной машины (рис. 1), то начало истории изобретения теплового насоса отодвигается в далёкое прошлое – к первым попыткам человека получить искусственный холод.

Разумеется, первое, что приходит на ум, – это ледники, использовавшиеся широко и во многих странах. Там, где можно было собрать зимой лед и сложить его в ямы, землянки, погреба, этот способ использовали для сохранения продуктов во время теплого сезона. Однако такие приспособления были всего лишь аккумуляторами холода, ни о каком «умножении» тепла или холода тут речи не идет. Точкой отсчета истории холодильных машин принято считать открытие, сделанное в конце XVII в. англичанином Робертом Бойлем, проводившим опыты, исследующие физическое состояние различных веществ при пониженном давлении. Для этого он поль-

зовался воздушным насосом, изобретенным незадолго до этого немецким физиком Отто фон Герике. В частности, Бойль установил, что вода в вакууме испаряется при низких температурах. Еще одно из его наблюдений – охлаждение окружающей среды при растворении солей. Впрочем, эндотермический эффект при этом отмечался и ранее другими исследователями.

Первый аппарат, в котором продемонстрировано, что холод можно постоянно генерировать в циклическом процессе, был сконструирован в 1755 г. английским врачом Уильямом Калленом. В его установке диэтиловый эфир, испаряясь в емкости под вакуумом (холодильной камере), переходил в виде газа в другую емкость, где, конденсируясь, отдавал в атмосферу отобранное в холодильной камере тепло. По этой принципиальной технологии работает большинство современных бытовых холодильников.

Первый проект регулируемой холодильной установки на основе разработки Каллена предложил в 1805 г. американский инженер Оливер Эванс. Соответственно, и хладагентом был выбран диэтиловый эфир. Согласно проекту Эванса для производства холода предлагалось использовать замкнутый, позволяющий легко управлять процессом

компрессионный цикл. Компрессор должен сжимать под давлением пары хладагента, повышая этим его температуру кипения и позволяя сконденсироваться в охлаждаемом воздухом конденсаторе. Из конденсатора хладагент поступает через регулировочный вентиль в вакуум-испаритель, где закипает и испаряется, отбирая затрачиваемое на это тепло в окружающей среде, и вновь втягивается компрессором в конденсатор. При этом температуру охлаждения, достигаемую в испарителе, можно было регулировать, меняя разницу давлений в конденсаторе и испарителе с помощью регулировочного вентиля. Однако реализовать на практике свой проект Эванс не сумел.

Первый патент на технологию искусственного охлаждения, принципиально не отличающейся от описанной, был получен в США Джейкобом Перкинсом. В холодильной машине Перкинса эфир кипел при низком давлении и температуре в сосуде, стеки которого также служили теплообменником, – теплота на кипение забиралась из внешней среды. Пары эфира сжимались компрессором и направлялись в змеевик. При сжатии паров температура их повышалась. При охлаждении в змеевике пары эфира конденсировались и после дросселирования (а это сопро-

вождалось снижением давления и температуры) в жидкое состояние эфир опять направлялся в сосуд. Таким образом, был впервые реализован на практике принцип компрессионных холодильников, а также кондиционеров и тепловых насосов.

Параллельно в то же время велись разработки альтернативных механизмов производства холода, результаты которых послужили впоследствии теоретической основой для создания сорбционных холодильных машин, кондиционеров и тепловых насосов. Первый искусственный лед по технологии, основанной на процессе абсорбции сернистого газа водой, получил в 1810 г. английский математик Джон Лесли.

В 1846 г. французские инженеры братья Фердинанд и Эдмонд Карре разработали цикл работы абсорбционной машины для промышленного производства льда и сконструировали охлаждающую машину, работающую по принципу сжатия и расширения воздуха. Патент на нее получен в США в 1851 г. Это устройство работало на водно-аммиачной смеси.

И наконец, в 1852 г. лорд Кельвин, сэр Уильям Томсон разработал концепцию работы теплового насоса и открыл совместно с Джеймсом Прескоттом Джоулем эффект охлаждения газа при адиабатическом расширении. «Эффект Джоуля–Томсона» заключается в изменении температуры газа в результате медленного протекания под действием постоянного перепада давления сквозь дроссель – местное препятствие потоку газа (капилляр, вентиль или пористую перегородку, расположенную в трубе на пути потока). Течение газа сквозь дроссель (дросселирование) должно происходить без теплообмена газа с окружающей средой, т.е. адиабатически. Опытным путем было установлено, что при медленном стационарном адиабатическом протекании газа через пористую перегородку его температура изменяется.

По утверждению Томсона, тепловой насос, работающий по его схеме (рис. 2), способен обеспечить необходимое тепло при использовании только 3 % энергии, затрачиваемой на прямое отопление. Предложенный Томсоном тепловой насос в качестве рабочего тела использует воздух, который засасывается из атмосферы помещения через отверстие в цилиндре, расширяется и от этого охлаждается, а затем проходит через теплообменник, где нагревается наружным воздухом. После сжатия с помощью паровой машины через

шатун до атмосферного давления воздух из цилиндра поступает в обогреваемое помещение, будучи нагретым до температуры, выше окружающей.

С этого момента развитие холодильной и теплонасосной техники развивалось параллельно и компрессионная машина использовалась как для создания холода, так и тепла.

В 1855 г. австрийский инженер Петер Риттер фон Риттингер детализировал и усовершенствовал концепцию теплового насоса, предлагавшуюся Уильямом Томсоном. На основании этого им был спроектирован и установлен первый действующий тепловой насос. Именно Петера Риттера фон Риттингера и принято считать изобретателем теплового насоса, поэтому и высшая награда в области кондиционирования воздуха, тепловых насосов и холодильников (премия и медаль, учрежденная в 2005 г. на 8-й конференции Международного энергетического агентства по тепловым насосам) носит его имя.

Первый патент на технологию геотермальных тепловых насосов получил в 1912 г. швейцарский инженер мексиканского происхождения Генрих Золи. А первую теплонасосную установку для отопления частного дома создал в 1927 г. английский инженер Холдейн. В качестве теплового насоса им была использована холодильная машина с электроприводом 5 кВт. Испаритель, установленный вне помещения, потреблял теплоту наружного воздуха. Другой испаритель был погружен в бак с проточной водой, установленный внутри помещения. Оба испарителя (в зависимости от температуры наружного воздуха) могли работать как самостоятельно, так и параллельно. Вода для отопительной системы нагревалась в конденсаторе до 37,8 °С, поэтому необходимо было увеличить поверхность нагревательных приборов. Для повышения температуры воды, идущей на хозяйственные нужды, до 55 °С Холдейн использовал электронагреватели.

Летом установка работала только ночью, теплая вода при этом запасалась в отдельном резервуаре, одновременно вырабатывался и лед. Коэффициент преобразования достигал 2,3.

В дальнейшем история тепловых насосов во многом связана с поисками и применением наиболее подходящих для их работы хладагентов, которые, кроме удобной для работы теплонасосной установки температуры фазового перехода,

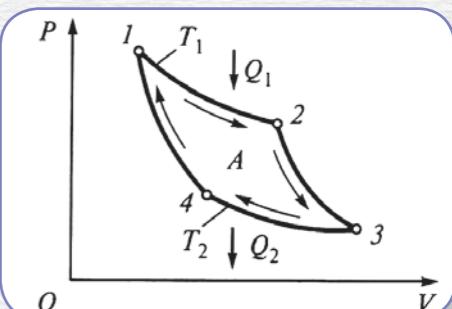


Рис. 1. Цикл Карно для тепловой машины: 1–2 – изотермический процесс – передача рабочего тела теплоты  $Q_1$  от нагревателя, теплота передается бесконечно медленно при практической нулевой разнице температур между нагревателем и рабочим телом, при этом объем тела увеличивается; 2–3 – адиабатическое расширение – рабочее тело продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой, его температура уменьшается до  $T_2$  (температура холодильника); 3–4 – изотермический процесс – рабочее тело сжимается, холодильник забирает у него теплоту  $Q_2$ ; 4–1 – адиабатическое сжатие – рабочее тело продолжает сжиматься без теплообмена с окружающей средой, его температура увеличивается до  $T_1$  (температура нагревателя)

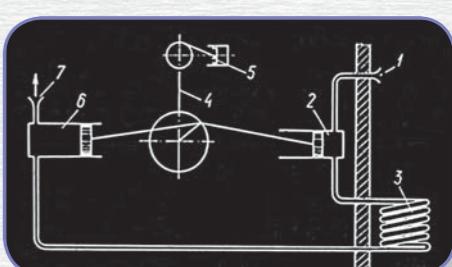
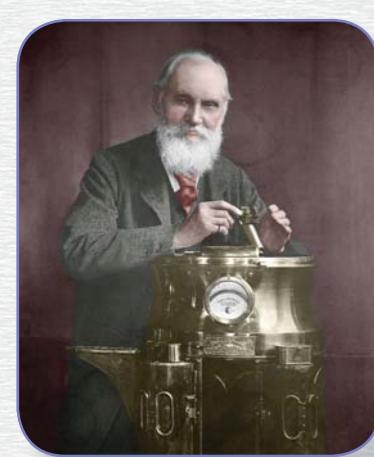


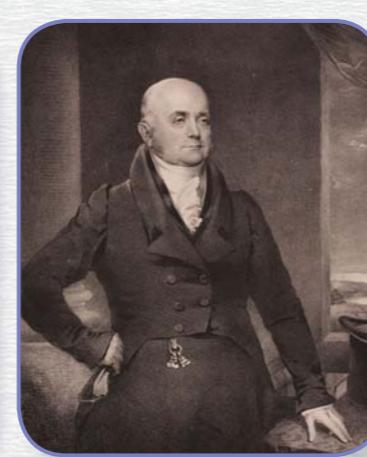
Рис. 2. Схема «умножителя теплоты» Уильяма Томсона: 1 – воздух из внешней среды; 2 – входной цилиндр; 3 – теплообменник; 4 – привод; 5 – паровая машина; 6 – выходной цилиндр; 7 – нагретый воздух



Уильям Томсон, лорд Кельвин (1824–1907)



Никола Леонар Сади Карно (1796–1832)



Джейкоб Перкинс (1766 – 1844)



Петр Риттер фон Риттингер (1811–1872)

# 2015

# ПОДПИСКА



**Уважаемые читатели!  
Оформите подписку на 2015 г. на журналы  
Издательского Центра «Аква-Терм»**

**Вы можете подписаться в почтовом отделении:**

- по каталогу «Пресса России. Газеты. Журналы»,
- по Интернет-каталогу «Российская периодика»,
- по каталогу «Областные и центральные газеты и журналы», Калининград, Калининградская обл.

**Подписной индекс – 41057**

**Через альтернативные агентства подписки:**

**Москва**

- «Агентство подписки «Деловая пресса», [www.delpress.ru](http://www.delpress.ru),
- «Интер-Почта-2003», [interpochta.ru](http://interpochta.ru),
- «ИД «Экономическая газета», [www.ideg.ru](http://www.ideg.ru),
- «Информнаука», [www.informnauka.com](http://www.informnauka.com),
- «Агентство «Урал-Пресс» (Московское представительство), [www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru).

**Регионы**

- ООО «Прессмарк», [www.press-mark.ru](http://www.press-mark.ru),
- «Пресса-подписка» [www.podpiska39.ru](http://www.podpiska39.ru),
- «Агентство «Урал-Пресс», [www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru).

**Для зарубежных подписчиков**

- «МК-Периодика», [www.periodicals.ru](http://www.periodicals.ru),
- «Информнаука», [www.informnauka.com](http://www.informnauka.com),
- «Агентство «Урал-Пресс» (Россия, Казахстан, Германия), [www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru).  
Группа компаний «Урал-Пресс» осуществляет подписку и доставку  
периодических изданий через сеть филиалов в 86 городах России.

**Через редакцию на сайте [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru):**

- заполнив прилагаемую заявку и выслав ее по факсу (495) 751-6776,  
751-3966 или по E-mail: [book@aqua-therm.ru](mailto:book@aqua-therm.ru) [podpiska@aqua-therm.ru](mailto:podpiska@aqua-therm.ru)

## ЗАЯВКА НА ПОДПИСКУ

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

Ф. И. О.

Должность

Организация

Адрес для счет-фактур

ИИН/КПП/ОКПО

Адрес для почтовой доставки

Телефон

Факс

E-mail

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



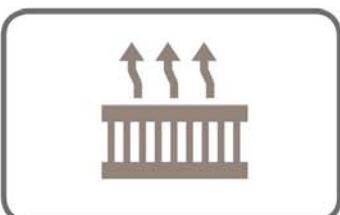
**Heat Expo**  
RUSSIA 2015

13–15 мая 2015 года  
Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 3

международная выставка и форум

# ТЕПЛО ЭКСПО РОССИЯ 2015

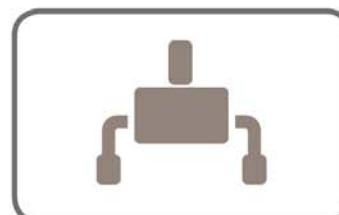
## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ОТОПЛЕНИЕ



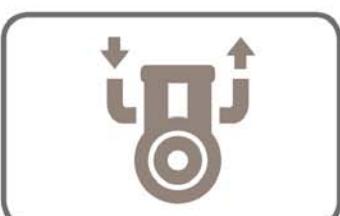
Теплогенерирующее  
оборудование



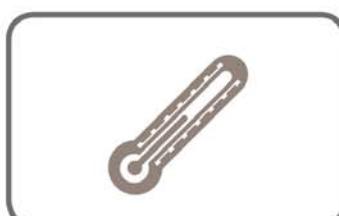
Альтернативные  
и возобновляемые  
источники теплоснабжения



Тепловые сети



Насосное оборудование



Тепловые пункты



Системы отопления

совместный проект



Messe  
Düsseldorf  
Moscow



[www.heat-expo.ru](http://www.heat-expo.ru)

при поддержке

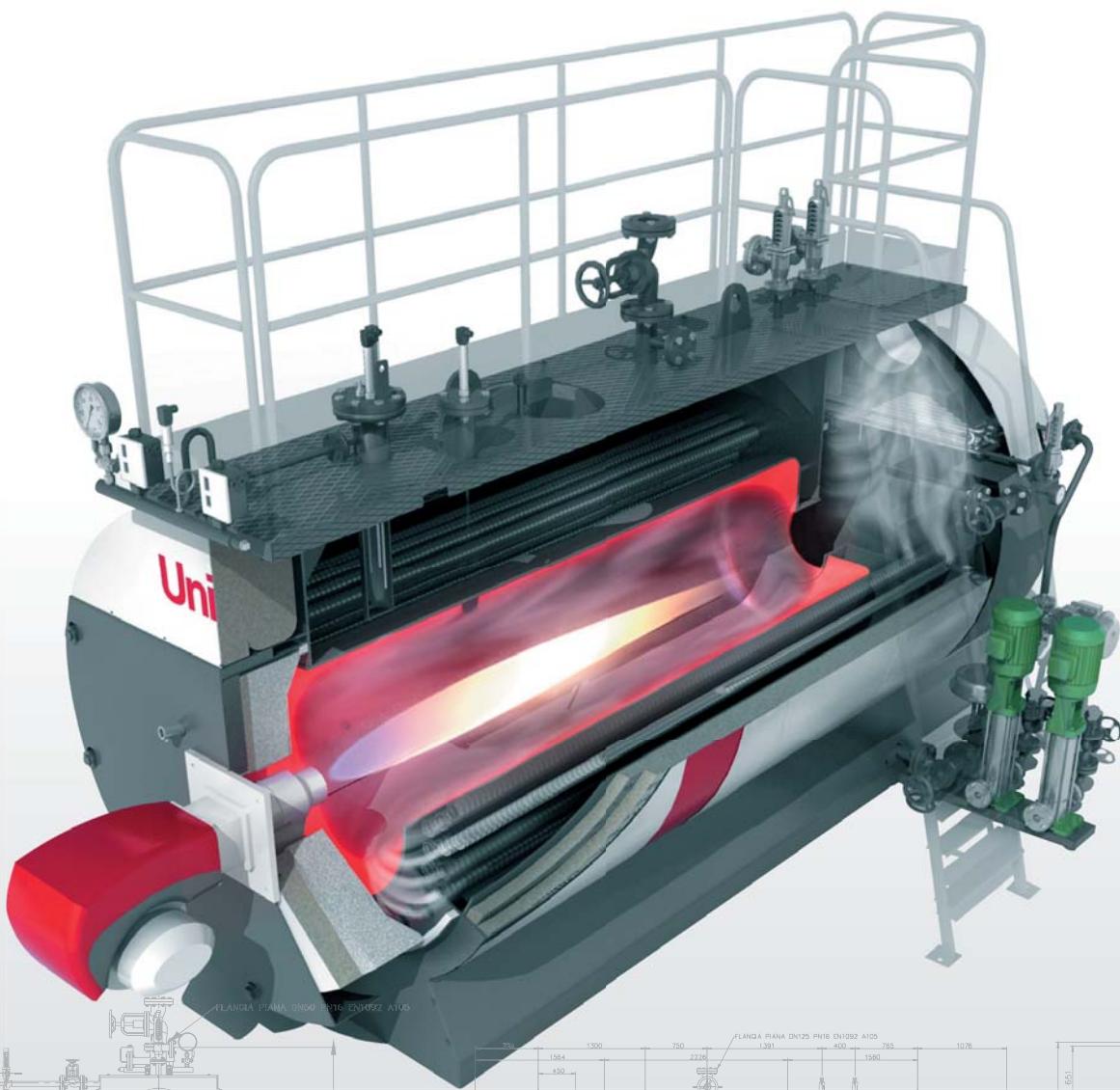


НП «Российское  
теплоснабжение»

# Unical®

## ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

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



**Двухходовые  
паровые котлы  
высокого давления**  
BAHR' 12/15  
BAHR' 12/15 HP  
BAHR' 12/15 HPEC

15 моделей

Паропроизводительностью  
от 300 до 6 000 кг/ч  
КПД от 90,0 до 98,0 %



**Трехходовые  
паровые котлы  
высокого давления**

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

27 моделей

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

**Двухходовые  
паровые котлы  
низкого давления**

BAHR' UNO  
BAHR' UNO HP  
BAHR' UNO HPEC

15 моделей

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



**Атмосферные  
дезаэраторы**  
DEAR  
DETE

17 моделей

Производительностью  
от 500 до 24 000 кг/час

Представительство компании UNICAL AG S.p.A. в России:

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»

ЭнергоГаз

ИНЖИНИРИНГ

143400, Московская область, г. Красногорск, ул. Успенская, дом 3, офис 304  
тел./факс: +7 (495) 980-61-77 e-mail: [energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su), [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)