

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

5 (15)' 2012

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



## Котельные

Водогрейные  
котлы большой  
мощности  
8

## Когенерация

Российские  
производители  
газотурбин  
24

## Мастер-класс

Деаэрация воды  
в системах  
теплоснабжения  
44

*Издательский центр*  
**АКВАТЕРМ**  
[www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru)

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

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



#### Преимущества отопительных систем Vaillant:

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



# Почему Vaillant?

Потому что мы знаем как обеспечить максимальную эффективность работы вашей котельной



## Система управления отоплением calorMATIC 630/3

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

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





**Уважаемые читатели!**

Я благодарю коллег из редакции журнала «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» за предоставленную возможность обратиться к вам, профессионалам энергетической области, и хочу поделиться с вами своими наблюдениями.

За последние несколько лет рынок энергетических технологий в России существенно изменился. Он стал, на мой взгляд, более профессиональным и нацеленным на результат, а именно на энергосбережение и повышение энергоэффективности. Характерной тенденцией стало то, что заказчики все чаще обращаются к профессиональным компаниям-поставщикам, которые не только продают оборудование (или, попросту говоря, «железо»), а предлагают квалифицированные решения поставки энергетических узлов и инжиниринг в комплексе. Уходит в прошлое практика, когда, стремясь купить подешевле, заказчики приобретали оборудование, а потом монтировали его подручными средствами. Заказчики сегодня все чаще обращаются за современным энергоэффективным оборудованием напрямую к производителю. Я считаю, что это правильный путь для развития. Поставка оборудования от производителя – это тщательно взвешенные комплексные технические решения, включающие в себя не только оборудование, но и техническую базу, дополнительные аксессуары, обеспечивающие эффективную его эксплуатацию. Кроме того, профессиональный поставщик предлагает дополнительные условия сотрудничества: возможность предоставления выгодных условий приобретения с применением современных финансовых инструментов и товарное кредитование, длительные обязательства и безоговорочную ответственность за качество.

Подготовка и создание профессиональных предложений невозможны без серьезной научно-технической и инжиниринговой базы, а также многолетнего опыта работы напрямую с заказчиками, как в России, так и за рубежом. И мне приятно констатировать, что компания «ГЕА Машимпэкс» полностью отвечает тем требованиям, которые предъявляет современный рынок энергетических технологий и отчасти предлагает даже больше, чем необходимо, предугадывая дальнейшее развитие ситуации, опираясь на почти столетний опыт работы международной группы компаний GEA Group, частью которой является наша компания.

Безусловно, вышеперечисленные тенденции оказывают только положительное влияние на развитие энергетики и теплоснабжения в России. Я уверен, что при поддержке руководства страны и непосредственном участии всех членов энергетического сообщества отрасль будет развиваться с заданным вектором энергоэффективности, надежности и технологичности.

Хочу выразить благодарность журналу «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» за объективное освещение главных тенденций и насущных проблем российской теплоэнергетики. В заключение хотел бы от лица компании «ГЕА Машимпэкс» поздравить всех читателей журнала с профессиональным праздником – Днем энергетика!

Искренне желаю Вам успешного развития, профессионализма и эффективности!

**Роман Кудряшов,**  
**директор департамента «Коммунальная энергетика»**  
**компании «ГЕА Машимпэкс»**



# Содержание

## НОВОСТИ

4

## КОТЕЛЬНЫЕ

8 Водогрейные котлы большой мощности

12 Усовершенствование котла KBGM-100

14 Электрические парогенераторы  
и их применение

18 Измерение расхода  
влажного пара

## РЕПОРТАЖ С ОБЪЕКТА

22 Каскадная котельная Vaillant

## ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И КОГЕНЕРАЦИЯ

24 Перспективы российских  
производителей газотурбин

30 Паровые моторы для газотурбинных и  
паросиловых мини-ТЭС

34 Новости когенерации

## ОБЗОР РЫНКА

36 Обзор водогрейных водотрубных котлов

## МАСТЕР-КЛАСС

40 Влияние технического  
водоснабжения на  
электрическую мощность ТЭЦ

44 Деаэрация воды для систем  
теплоснабжения

## ВОДОПОДГОТОВКА

48 Дозировочное  
оборудование  
для промышленных котельных

## ИНТЕРНЕТ

52 Водогрейные котлы средней  
и большой мощности в Интернете

## ПРОИЗВОДИТЕЛИ РЕКОМЕНДУЮТ

54 Когенерация – комплексное решение  
задач от Spark Energy

56 Rosinox® – если нужны оптимальные  
дымоходы

## ОФИЦИАЛЬНЫЕ СТРАНИЦЫ

58 Модернизация тепловых  
сетей: задачи  
и приоритеты

## ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

60 Выставка PCVExpo 2012

64 «Вода в промышленности – 2012»



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

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

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

Учредитель журнала  
ООО «Издательский Центр  
«Аква-Терм»  
Издание зарегистрировано  
Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных

технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)  
13 августа 2010 г.  
Рег. № ПИ № ФС77-41685  
Тираж: 7000 экз.  
Отпечатано в типографии  
«PRESTO PRO»

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

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

Фото на 1-й стр. обложки:  
Spark Energy,  
www.energogaz.su



## Российскому котлонадзору – 170 лет

В начале следующего года Ростехнадзор отметит памятную дату: 8 февраля 1843 г. Правительствующий сенат Российской империи включил в «Устав о промышленности фабричной и заводской» «Правила предосторожности, кои должны быть соблюдены при введении в употребление паровых машин высокого давления», которыми впервые были введены требования безопасности при обращении с паровыми котлами. Это событие положило начало становлению государственного надзора за соблюдением безопасности при эксплуатации парового оборудования, которое в то время давало энергию для привода подъемных сооружений, различных машин и механизмов. В ознаменование 170-летия этого события Ростехнадзор планирует подготовить юбилейное издание, в которое будут включены научно-публицистические статьи, подготовленные на основе архивных документов, материалов ведущих научно-исследовательских институтов и организаций, воспоминаний ветеранов.

Основная цель издания – показать ход развития котло- и краностроения в нашей стране, ознакомить заинтересованный круг читателей с малоизвестными фактами истории, исследованиями о личностях ученых, конструкторов, инженеров, создававших и эксплуатировавших котлы и сосуды, работающие под давлением, подъемные сооружения. Редакционный коллектив будущей книги принимает статьи об истории и развитии подъемных сооружений, о вопросах разработки и использования современных материалов и технологий производства, тенденциях развития методов диагностирования оборудования, совместном опыте работы с органом надзора за подъемными сооружениями, воспоминания ветеранов производства, о людях, внесших значительный вклад в развитие отрасли. Дополнительную информацию можно получить в управлении государственного строительного надзора Ростехнадзора (заместитель начальника управления Чернышев Владимир Владимирович, тел. 8 (499) 267-32-32, e-mail: V.Chernyshev@gosnadzor.ru) или у главного государственного инспектора отдела котлонадзора Васильева Александра Геннадиевича (тел. 8 (499) 261-70-50, e-mail: A.Vasiliev@gosnadzor.ru).



## Новая газотурбина GE

Концерн General Electric (США) представил новую газотурбину FlexEfficiency 60 с масштабируемой мощностью, которая может изменяться в течение минут. По новой технологии возможен выпуск турбин для электростанций комбинированно-

го цикла в модификациях от 185 до 300 МВт мощности с тепловой эффективностью 61 %. Главным отличием новинки от доминирующих на рынке моделей станет высокая

скорость изменения мощности. Так, новые турбины способны снижать мощность с 750 до 100 МВт и затем набирать обратно 750 МВт за 13 минут или примерно 50 МВт в минуту – это вдвое быстрее турбин, которые сейчас эксплуатируются на большинстве ТЭС. Высокая производительность газотурбины FlexEfficiency 60 достигается за счет применения новых конструкционных материалов, таких как никелевые сплавы и монокристаллические материалы, использования сложных каналов охлаждения и улучшенного управления процессом сжигания на основе физической модели. Все это позволяет применять более жесткие допуски, более эффективные уплотнения, а также обеспечивает беспрецедентный контроль над температурой внутри турбины.



## Газотурбины «Сименс» из Ленобласти

ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (Siemens Gas Turbine Technologies), совместное предприятие компаний «Сименс АГ» (65 %) и ОАО «Силовые машины» (35 %), планирует запустить производство газотурбин в Ленинградской области. По сообщению вице-губернатора Ленобласти Дмитрия Ялова, областное правительство до конца года планирует подписать соглашение с компанией «Сименс» о строительстве предприятия по производству турбин для тепловых электростанций. К настоящему моменту уже разработан бизнес-план, который проходит необходимые согласования.

В настоящее время в Петербурге и Ленобласти «Сименс» имеет две промышленные площадки – совместные предприятия с «Силовыми машинами» и с «РЭП Холдингом». Физически «Сименс» уже занимается производством турбин на арендованных площадях в дер. Новое Девяткино Ленинградской области. По словам Петера Лешера, председателя правления «Сименс АГ», компания намерена инвестировать в развитие и создание производств в России 1 млрд евро, из них около 700 млн евро планируется вложить в энергетику. Общий объем инвестиций в совместное предприятие по производству газовых турбин 275 млн евро.



## АДЛ соответствует стандарту ISO 9001:2008



ООО «АДЛ Продакшн», производственное подразделение компании АДЛ, успешно завершило сертификацию системы менеджмента качества на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2008. По результатам недельного аудита, проведенного экспертами одного из крупнейших независимых европейских сертификационных центров – компании Det Norske Veritas (Финляндия), был выдан сертификат, подтверждающий, что процессы проектирования, производства и поставки трубопроводной арматуры, парового оборудования, насосного оборудования, электрооборудования и автоматики соответствуют всем требованиям международного стандарта качества ISO 9001:2008. В аудите системы принимали участие все структурные подразделения компании, включая производственные участки, департаменты проектирования и разработки, обеспечения качества и многие другие. Аудиторами сертификационного органа было особо отмечено наличие жесткого контроля на всех этапах выпуска того или иного изделия, высокий уровень производственной культуры в целом, а также современный автоматизированный парк станков и оборудования ведущих мировых производителей.

таменты проектирования и разработки, обеспечения качества и многие другие. Аудиторами сертификационного органа было особо отмечено наличие жесткого контроля на всех этапах выпуска того или иного изделия, высокий уровень производственной культуры в целом, а также современный автоматизированный парк станков и оборудования ведущих мировых производителей.

## Новые задвижки из Удмуртии

На выставке PCVExpo «Насосы. Компрессоры. Арматура. Приводы и двигатели» ОАО «Воткинский завод» (г. Воткинск, Удмуртия) представило новинку 2012 г. – необслуживаемые стальные клиновые задвижки ЗКС, предназначенные для установки в качестве запирающего устройства на трубопроводах общепромышленного назначения. Транспортируемая рабочая среда – техническая вода, водяной пар, воздух, азот, природный газ, мазут, технические масла, масляные дистилляты, бензин, дизельное топливо, керосин, нефть и пр. Задвижки выдерживают давление 16, 25 и 40 бар, могут работать при  $t$  окружающей среды от  $-60$  до  $+40$  °С. Температура рабочей среды может составлять 200 °С (при давлении 40 бар), 350 °С (при давлении 25 бар) и 450 °С (при давлении 16 бар). Присоединение предлагается в исполнении муфта/фланец; в течение всего срока эксплуатации задвижки ЗКС не требуют проведения техосмотра и регулировок сальникового узла.



## Ожидаемая новинка из Англии

Компания Rotork Controls (Великобритания) запустила в производство серию приводов IQ3 – третье поколение интеллектуальных электроприводов для автоматизации запорной или регулирующей арматуры, применяемой в промышленности и энергетике. Приводы IQ3 стандартного исполнения могут совершать до 60 пусков в час; показатели крутящего момента составляют от 34 до 3000 Нм. В сочетании с редуктором крутящий момент достигает 43 000 Нм для многооборотного действия и 1 000 000 Нм для четвертьоборотного действия. В регулирующей версии IQ3 (IQ3M) с питанием от трехфазного тока имеется полупроводниковый реверсивный стартер вместо электромеханических контакторов. Он также обладает каналами связи, обеспечивающими быстрое реагирование и управление. Для оптимизации управления положением полупроводниковый пускатель выполняет функцию «тормоза» электродвигателя. Модель IQ3M способна совершать до 1200 пусков в час (S4/Класс C). В сочетании с редукторами при многооборотном действии привод IQ3M может создавать крутящий момент до 3600 Нм, а при четвертьоборотном до 58 000 Нм. Приводы IQ3S – это версия приводов IQ3 для питания от однофазного тока. Такие приводы могут совершать до 60 пусков в час; крутящий момент может принимать значения от 65 до 450 Нм. В сочетании с редуктором крутящий момент привода с питанием от однофазного тока при многооборотном действии может достигать 3000 Нм, а при четвертьоборотном – 208 500 Нм. Все приводы IQ3 от Rotork Controls поставляются в водонепроницаемом или взрывоустойчивом исполнении, могут подключаться через Bluetooth® или инфракрасный порт; технология Future Proofed позволяет обновлять все программное обеспечение прямо на предприятии.





## Юбилейный теплообменник

На производстве ЗАО «Синто» (Санкт-Петербург), официального дистрибьютора и сервис-партнера концерна Alfa Laval, был собран 2500 теплообменник Альфа Лаваль. Он будет установлен в составе модульного теплового пункта СиТерм, изготовленного для многофункционального административно-делового квартала «Невская Ратуша». За 5 лет производственной деятельности ЗАО «Синто» расширило линейку выпускаемых теплообменников Alfa Laval. В настоящее время петербургский производитель выпускает комплектующие для изготовления разборных пластинчатых теплообменников Alfa Laval серий T2B, M3, TL3B, M6, M6M, TL6B, M10B. Время сборки теплообменников от расчета до отгрузки готового изделия может составлять до 24 ч. Такая оперативность позволяет удовлетворить потребность в срочной комплектации объектов строительства и коммунального хозяйства теплообменным оборудованием в Санкт-Петербурге и Северо-Западном регионе РФ. Также на производстве ЗАО «Синто» изготавливаются модульные индивидуальные тепловые пункты, насосные установки повышения давления, комплектные канализационные насосные станции, шкафы управления и автоматизации для инженерных систем зданий, сооружений и технологических процессов.



## Новый теплообменник «ТехноИнж»

Специалисты компании «ТехноИнжПромСтрой» освоили и приступили к производству нового теплообменного аппарата ТПлР-S65. IS (теплообменник пластинчатый разборный с площадью теплообмена пластины 0,65 м²). Присоединительный диаметр новинки – 200 мм, соединение предлагается в исполнениях резьба/фланец. Надежность новых теплообменников подтверждена экспертизами ОАО «Моспроект», ОАО «МОЭК», ОАО «Промэкспертиза» и регистрацией МТУ «Ростехнадзор».



## Новые дымоходы Schiedel

Компания Schiedel (Австрия) предлагает одно из своих последних решений в области систем дымоудаления – газоплотную дымоходную систему Schiedel ICS 5000, предназначенную для отвода продуктов сгорания мини-ТЭЦ на базе газопоршневых и дизель-генераторных установок, где эти выбросы выходят в газопровод под очень высоким давлением и с очень высокой температурой. Новая двустенная изолированная система способна обеспечить гарантированную работу с рабочим давлением до 5 бар и t 600 °C.

Качество металла, используемого для изготовления системных модульных элементов, обеспечивает длительный срок службы изделия в контакте с агрессивной средой дымовых газов при высокой температуре. Внутренняя труба толщиной 0,6 мм изготавливается из высоколегированной коррозионно-стойкой жаропрочной стали марки 1.4404 (AISI 316L X2CrNiMo 17-12-2), наружный кожух толщиной 0,5 мм – из высоколегированной нержавеющей стали марки 1.4301 (AISI 304, X5CrNi 18-10). Срок службы дымохода Schiedel ICS 5000 составляет около 50 лет, гарантия предоставляется на 10 лет эксплуатации.

Типовая установка ICS 5000



## Эффективная защита от накипи

На рынке отопительного оборудования компания 3M Purification Inc предлагает новый продукт – систему защиты от образования накипи SF18-S. Устройство представляет собой дозатор ингибитора накипи и может устанавливаться на линии подачи холодной воды в водонагреватель или контур ГВС котла. Подмешиваемый в воду патентованный состав, не изменяя жесткости воды, эффективно препятствует образованию твердого слоя накипи на теплообменниках, датчиках и других элементах оборудования. Результаты теста, проведенного на воде с высокой исходной концентрацией солей жесткости – 430 мг/л, показывают, что обработка воды с помощью системы SF18-S замедляет рост накипи как минимум в 4 раза и, следовательно, во столько же раз может продлить срок жизни теплообменника. Помимо этой очевидной выгоды применение SF18-S также позволяет замедлить снижение производительности водонагревателя, а в двухконтурных котлах – еще и избежать значительного перерасхода газа на приготовление санитарной горячей воды. От аналогичных продуктов SF18-S отличают высокая производительность – до 22,7 л/мин, огромный ресурс сменного патрона (до 265 м³) и простота смены последнего. К тому же присутствие данного ингибитора в воде не влияет на ее вкус и ничем не грозит здоровью человека.



## Новая линейка testo 835



Компания «Тэсто Рус» запускает на рынок новую линейку инфракрасных измерительных приборов testo 835 с оптикой 50:1, которые отличаются высокой скоростью и точностью измерения, а также предлагают набор специальных функций для различных областей применения. В новую линейку входят приборы для выполнения таких задач, как мониторинг в производственных процессах, бесконтактное определение температуры стен, потолков, полов и пр. (прибор testo 835-T1). Также testo 835-T1 может использоваться для безопасного и эффективного измерения параметров малых, движущихся, труднодоступных и горячих объектов со значительного расстояния. Для определения влажности воздуха предлагается прибор testo 835-H1 с интегрированной (патент Testo AG) системой измерения поверхностной влажности, предназначенный для строительных объектов, где требуется проводить мониторинг влажности строительных материалов, таких как бетон. Особенностью модели testo 835-T2 является расширенный до 1500 °C диапазон измерения температуры, что позволяет использовать прибор на энергогенерирующих объектах, в стекольной, керамической и металлообрабатывающей промышленности, а также в других случаях, когда невозможно проводить измерения с короткого расстояния в связи с высокими температурами. Все приборы линейки 835 позволяют осуществлять как и выборочную точечную проверку, так и долгосрочные измерения. Сохраненным в памяти прибора измеренным значениям присваиваются соответствующие номера и места замера, что удобно для архивирования и анализа данных на ПК. Также одним из основных преимуществ линейки testo 835 является встроенная функция измерения коэффициента излучения, благодаря которой пользователь может выбрать предустановленный коэффициент излучения для конкретного материала из списка, сохраненного в приборе, и таким образом не рассчитывать его вручную.

Для определения влажности воздуха предлагается прибор testo 835-H1 с интегрированной (патент Testo AG) системой измерения поверхностной влажности, предназначенный для строительных объектов, где требуется проводить мониторинг влажности строительных материалов, таких как бетон. Особенностью модели testo 835-T2 является расширенный до 1500 °C диапазон измерения температуры, что позволяет использовать прибор на энергогенерирующих объектах, в стекольной, керамической и металлообрабатывающей промышленности, а также в других случаях, когда невозможно проводить измерения с короткого расстояния в связи с высокими температурами. Все приборы линейки 835 позволяют осуществлять как и выборочную точечную проверку, так и долгосрочные измерения. Сохраненным в памяти прибора измеренным значениям присваиваются соответствующие номера и места замера, что удобно для архивирования и анализа данных на ПК. Также одним из основных преимуществ линейки testo 835 является встроенная функция измерения коэффициента излучения, благодаря которой пользователь может выбрать предустановленный коэффициент излучения для конкретного материала из списка, сохраненного в приборе, и таким образом не рассчитывать его вручную.

## Новое производство арматуры

На российском рынке трубопроводной арматуры появилась продукция завода компании «РТМТ», открытого в г. Кургане в прошлом году на базе оборудования Emco (Австрия), Biglia (Италия) и Daewoo Doosan (Южная Корея). На данный момент ассортимент арматуры, предназначенный для широкого спектра применения в промышленности и энергетике, включает клиновые задвижки РТЗК10 и РТЗК20 (15–250 мм), рассчитанные на давление от 16 до 250 бар, запорные клапаны РТК310 (15–25 мм), рассчитанные на давление от 16 до 270 бар, а также игольчатые клапаны РТКИ10 (6–25 мм), рассчитанные на давление от 16 до 400 бар. Недавно на заводе «РТМТ» началось освоение запорных и обратных клапанов большого диаметра (до 250 мм).

## Универсальный контроллер от «Сименс»

В связи с растущими потребностями рынка компания «Сименс» представляет новые универсальные контроллеры RWF5, пришедшие на смену известному контроллеру RWF40, отлично зарекомендовавшему себя в управлении мощностью модулированных и ступенчатых горелок. Контроллер RWF5 оптимизирован для регулирования температуры или давления при управлении модулированными и многоступенчатыми горелками в установках большой мощности. Типичное применение контроллера связано с управлением температурой или давлением в газовых и жидко-топливных тепловых установках. Возможно применение в других теплоэнергетических установках. В зависимости от типа исполнения контроллер RWF5 может быть 3-позиционным без обратной связи углового позиционирования или с аналоговым выходом. Внешний переключатель позволяет перевести контроллер в 2-позиционный для двухступенчатых горелок. В 2-ступенчатом режиме контроллер работает в соответствии с заданными порогами срабатывания. Настраиваемый порог реакции может понизить переход между большим и малым пламенем. Встроенная функ-

ция термостата включает и выключает горелку. В режиме модуляции контроллер функционирует как ПИД-регулятор. У версии RWF55 есть многофункциональное реле. Режимы работы и состояния выходов отображаются LED-индикаторами. Контроллер оснащен двумя четырехразрядными 7-сегментными дисплеями (красного и зеленого цветов) для отображения уставки и текущего значения. Управление и настройка возможны с помощью четырех кнопок на лицевой панели или с помощью ПО ACS411 по интерфейсу USB (если применяется USB с поддержкой 500 мА, то не требуется подавать питание на контроллер). Поддерживается Windows 7 64 бит. В RWF55 есть поддержка протокола Modbus (как вариант возможен Profibus). Передняя панель имеет степень защиты IP 66 RWF 50 – компактный вариант исполнения 48 × 48 мм.





# Водогрейные котлы большой мощности

В. Котлер, к.т.н.

Огромное число потребителей тепла как в промышленности, так и в жилищно-коммунальном секторе получают это тепло в виде горячей воды. В городах и крупных населенных пунктах горячая вода в большинстве случаев поступает к потребителям от водогрейных котлов, установленных на ТЭЦ, на РТС и в промышленных котельных.

Крупные водогрейные котлы выполняются, как правило, водотрубными, то есть вода в них воспринимает тепло от горячих продуктов сгорания, двигаясь по трубам малого диаметра.

Температура воды на входе в котел обычно составляет 70 °С, но в пиковом режиме может быть и выше. На выходе из стальных водогрейных котлов температура чаще всего достигает 150 °С, однако при необходимости она может быть увеличена до 200 °С.

Отечественная промышленность (ОАО «Дорогобужкотломаш», Бийский котельный завод, ЗАО «Уралкотломаш» и др.) выпускает стальные водогрейные котлы водотрубного типа в широком диапазоне мощностей: от 1,28 МВт (1,1 Гкал/ч) до 209 МВт (180 Гкал/ч). В качестве топлива для таких котлов чаще всего используют природный газ, но можно встретить и угольные котлы как с факельным, так и со слоевым сжиганием.

Для работы в основном режиме с подогревом воды до 150 °С наибольшее распространение получили котлы КВГМ-20 (газотопные котлы тепловой мощностью 23,3 МВт). Давление воды на входе в такие котлы принимается равным 1,6 МПа.

Для работы в основном и пиковом режимах с возможностью подогрева воды до 200 °С обычно используют котлы КВГМ-30 (35 Гкал/ч). Давление воды на входе в такие котлы составляет 2,5 МПа. На рис. 1 показан котел КВГМ-30-150, выполненный по П-образной сомкнутой компоновке. Топочная камера, экранированная трубами диа-

метром 60 × 3 мм, имеет 6 вихревых газотопных горелок, установленных встречно, на боковых экранах. Конвективная поверхность нагрева расположена в опускном газоходе с экранированными стенками.

Как и другие котлы этой серии, котел КВГМ-30-150 имеет рециркуляционный насос для подмешивания к

обратной воде небольшого количества прямой (горячей) воды. Дело в том, что температура воды на входе в стальные водогрейные котлы должна быть выше температуры точки росы для продуктов сгорания во избежание интенсивной наружной коррозии труб. На практике поступающая из теплосети обратная вода имеет обычно температуру ниже

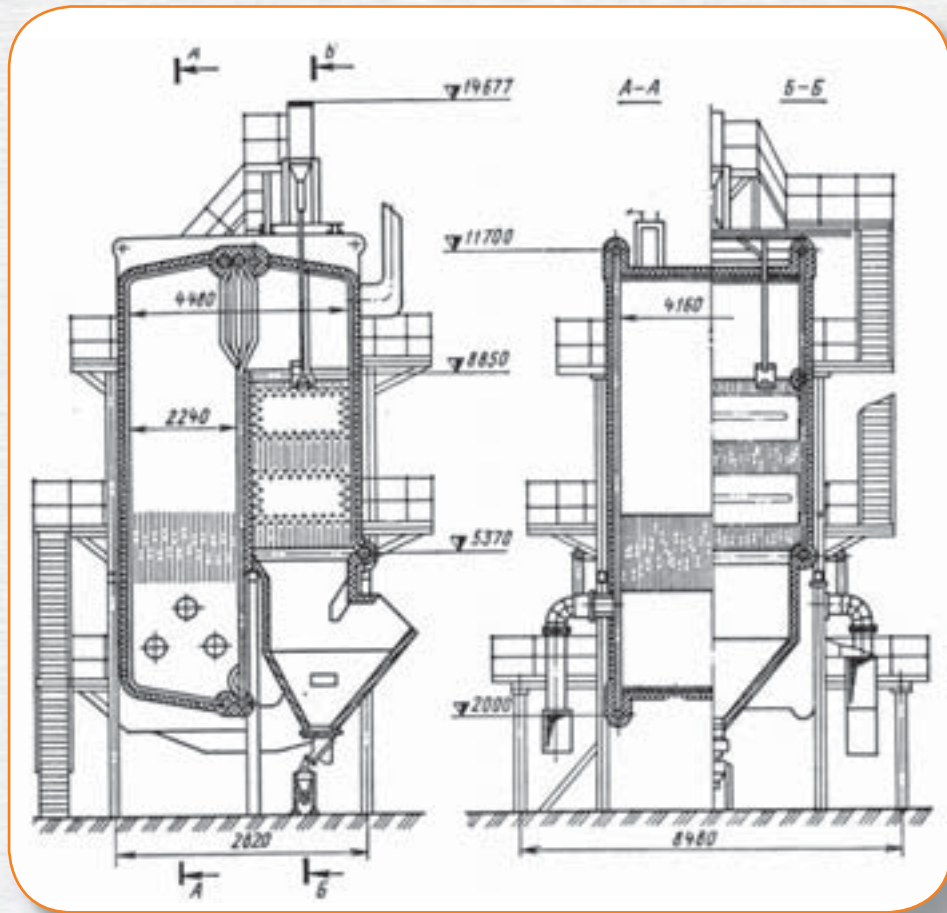


Рис. 1. Водогрейный газотопный котел КВГМ-30-150



60 °С. Именно поэтому при сжигании природного газа температуру воды на входе приходится поддерживать не ниже 60 °С, при работе на малосернистом мазуте – не ниже 70 °С, а при работе на высокосернистом мазуте – даже 110 °С.

При работе таких котлов на газе расход воды составляет почти 500 т/ч, а при работе на мазуте – только 435 т/ч. Соответственно, снижается тепловая мощность по введенному топливу примерно от 46,4 до 40,7 МВт. Расчетный КПД котлов КВГМ-30-150 при сжигании газа достигает 92,2 %, а при работе на мазуте – 89,5 %.

В отличие от ранее выпускавшихся котлов типа ПТВМ стальные котлы КВГМ имеют общий вентилятор, подающий воздух на все горелки, и дымоход для эвакуации продуктов сгорания. Это позволяет в необходимых случаях использовать рециркуляцию дымовых газов для снижения образования токсичных оксидов азота  $\text{NO}_x$ .

Стальные водогрейные котлы водотрубного типа в отличие от жаротрубных котлов используют не только на газе и мазуте, но и на твердом топливе. В тех районах, где отсутствует возможность использования газа, успешно работают котлы КВТС (котел водогрейный, твердое топливо, слоевое сжигание) и котлы КВТК (котел водогрейный, твердое топливо, камерное сжигание).

Котлы со слоевым сжиганием выпускаются с той же линейкой мощностей, что и котлы КВГМ: от 4 до 50 Гкал/ч (от 4,65 до 58,2 МВт). Для подачи кускового топлива на цепные решетки обратного хода в этих котлах используют пневмомеханические забрасыватели. На рис. 2 показан котел КВТС-10-150В (последняя буква обозначает, что котел оборудован воздухоподогревателем). При работе на каменном угле тепловая мощность этого котла составляет 11,63 МВт (10 Гкал/ч). При расходе воды через котел 123,5 т/ч гидравлическое сопротивление составляет 0,25 МПа. Расчетное давление воды за котлом – 2,5 МПа. При  $t$  горячего воздуха 210 °С расчетный КПД котла КВТС-10-150 достигает 80,9 %. Как и в газомазутных котлах, топочные экраны

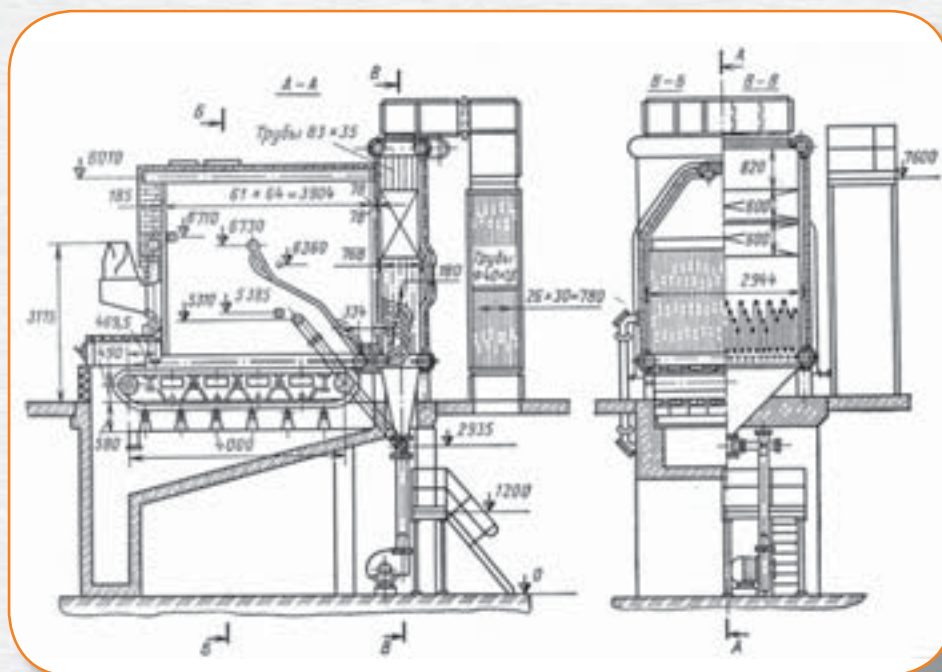


Рис. 2. Водогрейный котел КВТС-10-150В

твердотопливных котлов КВТС выполняются из труб диаметром 60 × 3 мм с шагом 64 мм, а конвективные пакеты – из труб 28 × 3 мм.

Водогрейные котлы для факельного сжигания твердого топлива в виде угольной пыли используют только для установок большей мощности: 58,2 и 116,3 МВт (50 и 100 Гкал/ч). На рис. 3 показан котел КВТК-50-150, выполненный по П-образной разомкнутой компоновке. В топочной камере, на боковых экранах, установлены 6 вихревых пылеугольных горелок. Топка в отличие от газомазутных котлов имеет холодную воронку. Газоплотные экраны топки и поворотной камеры выполнены из труб Ø 60 × 4 мм с шагом 80 мм. В опусковой конвективной шахте размещены 2 пакета из труб Ø 28 × 3 мм, а далее (по ходу газов) установлен трубчатый воздухоподогреватель, выполненный из труб Ø 40 × 1,5 мм. Подогрев воздуха до 350 °С обеспечивает сушку твердого топлива в процессе его размолла. Кроме того, воздухоподогреватель снижает температуру уходящих газов до 220 °С, благодаря чему расчетный КПД котла повышается до 88 %.

Для очистки конвективных поверхностей нагрева от шлаковых образований

завод комплектует котлы КВТК-50-150 системой дробеочистки.

Сложность вспомогательного оборудования, необходимого для эксплуатации угольных водогрейных котлов (топливоподача, пылесистемы, золоулавливание и удаление золошлаковых отходов) вынуждает устанавливать их на ТЭЦ. А в промышленных и отопительных котельных сжигаются, как правило, природный газ или мазут. Длительный опыт эксплуатации стальных водогрейных котлов типа КВГМ (не говоря уже о морально устаревших котлах типа ПТВМ) показал, что их надежность и экономичность нуждаются в улучшении.

ОАО «Машиностроительный завод ЗИО – Подольск» совместно с Инжиниринговой компанией «ЗИОМАР» разработали и изготовили необходимые узлы для существенного улучшения эксплуатационных характеристик водогрейных котлов. В частности, конвективную поверхность нагрева из гладких труб Ø 28 × 3 мм с тесным расположением в пучке для повышения эффективности и надежности стали изготавливать из труб с увеличенными диаметром и толщиной стенки (Ø 38 × 4 мм). Это позволило использовать трубы с продольным и поперечным оребрением (рис. 4).



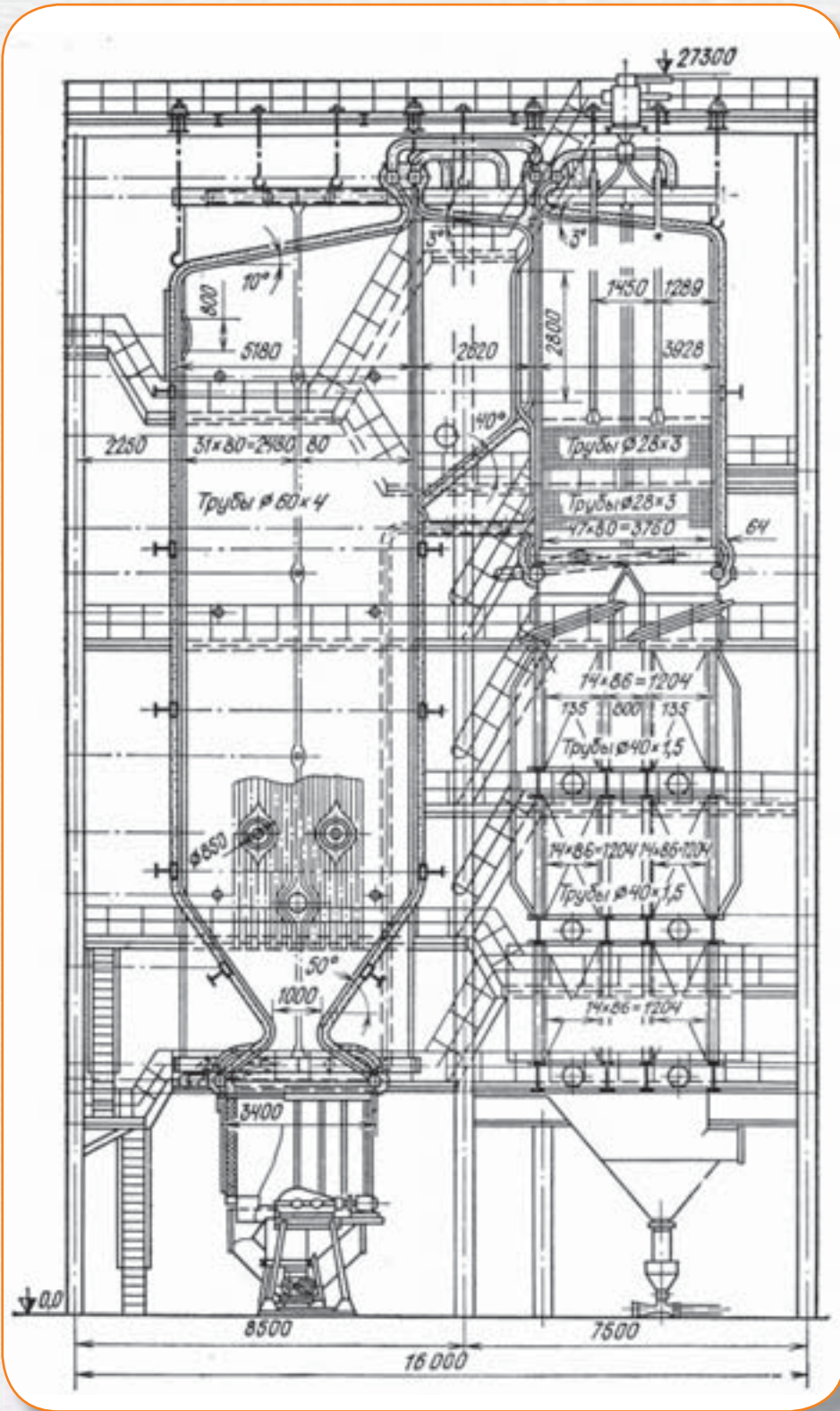


Рис. 3. Водогрейный котел KBTK-50-150

Для предотвращения неорганизованных присосов холодного воздуха взамен экранов из гладких труб Ø 60 × 3 мм

стали использовать трубы мембранного типа Ø 60 × 4 мм.

На котлы стали устанавливать мало-

токсичные вихревые горелки, которые (в сочетании с рециркуляцией дымовых газов на всас дутьевых вентиляторов или непосредственно в горелки) позволили значительно снизить эмиссию оксидов азота NO<sub>x</sub>. Котлы стали оборудовать тягодутьевыми механизмами повышенной единичной мощности с регулируемым числом оборотов. Для подогрева дутьевого воздуха (при сжигании газа или мазута) на котлах стали устанавливать калориферы.

Оснащение котлов системами автоматического управления топочным процессом (КСУ) значительно улучшило работу котлов в переходных режимах.

Все перечисленные мероприятия были реализованы на крупных водогрейных котлах в системе «Мосэнерго». В частности, на Шатурской ГРЭС на котле KBGM-50 были успешно опробованы малотоксичные горелки мощностью по 29 МВт.

На котле KBGM-30 ГРЭС-3 (также ОАО «Мосэнерго») были установлены конвективные поверхности нагрева из оребренных труб Ø 38×4 мм взамен гладких труб Ø 28 × 3 мм, выработавших свой ресурс. При работе котла на природном газе удалось снизить t уходящих газов до 140 °С. В течение первого после реконструкции отопительного сезона котел проработал в течение 1000 ч без каких-либо замечаний, а экономия топлива при работе котла с нагрузками 24–25 Гкал/ч составила 8,4 %.

Аналогичная реконструкция двух водогрейных котлов в котельной МУП «Щербинские теплосети» также обеспечила существенную экономию топлива в результате снижения t уходящих газов на 45–50 °С.

Сравнительно недавно в номенклатуре изделий ОАО «Дорогобужкотломаш» появились водотрубные котлы новой серии – «Смоленск». Отличительной особенностью этих котлов является трехходовая аэродинамическая схема, которая очень часто применяется в жаротрубных котлах (рис. 5). Как видно из приведенного рисунка, первый ход – это топочная камера, допускающая применение длиннофакельных горелок. Далее продукты сгорания разворачи-



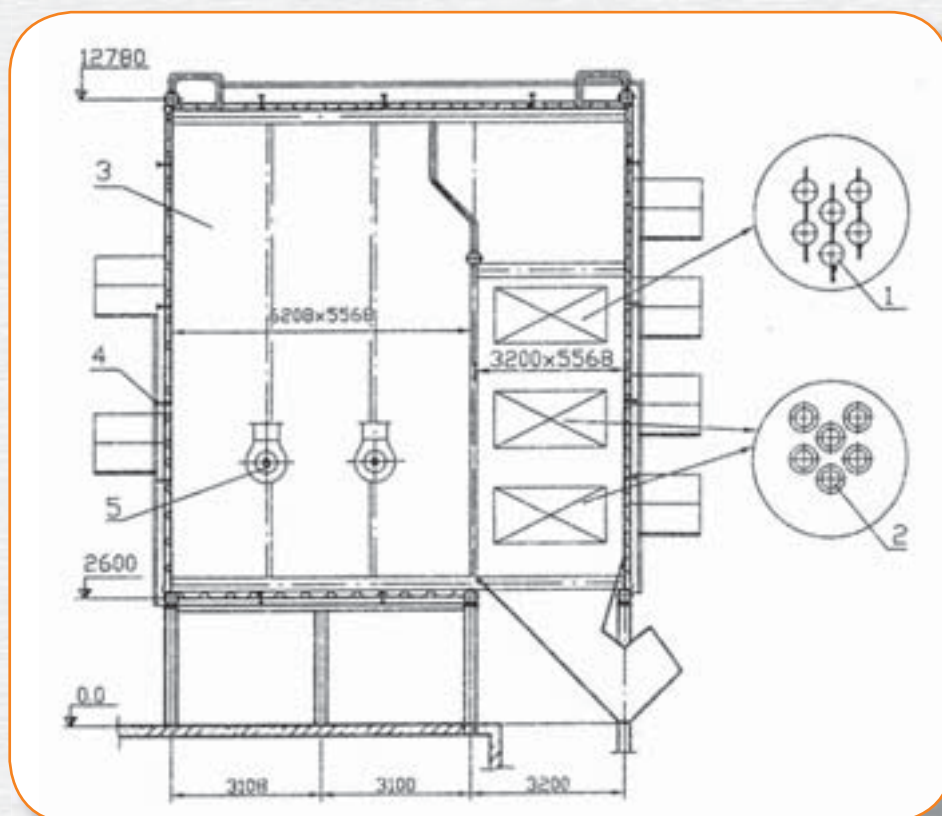


Рис. 4. Котел KBGM-120 (ЗИО) (1 – секции из мембранных панелей; 2 – секции из труб с наружным поперечным оребрением; 3 – экраны мембранные; 4 – балки жесткости; 5 – горелки)

ваются и идут в обратном направлении через первый конвективный пакет. После второго поворота дымовые газы проходят через еще один конвективный пакет.

Эта и другие особенности котлов «Смоленск» обеспечили высокий КПД (94 %), удобство эксплуатации и ремонта, а также умеренные габариты: котел KBGM-4,65-150H («Смоленск-4») тепловой мощностью 4,65 МВт на давление 1,02 МПа и температуру 70/150 °С имеет массу 7800 кг и габаритные размеры 5344 × 2142 × 2815 мм.

В номенклатуре крупнейшего поставщика паровых котлов для промышленной энергетики – Бийского котельного завода – имеются также и крупные водогрейные котлы. Для отопления и горячего водоснабжения отдельных зданий, сооружений, а также коттеджей площадью до 1000 м<sup>2</sup> завод поставляет компактные котлы типа KB (ДЕВ). По конструкции эти котлы

схожи с паровыми котлами типа Е (ДЕ) паропроизводительностью от 4 до

25 т/ч. Отличаются они наличием дополнительных устройств для подвода и отвода сетевой воды и могут работать как в паровом, так и в водогрейном режимах. Самые мелкие котлы на давление 0,6 МПа имеют теплопроизводительность от 0,63 до 1,86 МВт (от 0,54 до 1,6 Гкал/ч).

К этому типу котлов относятся котлы марки КЕВ мощностью 1,74 и 4,65 МВт. Расчетное давление на входе в эти котлы – 1,3 МПа, температура – 70/115 °С. Важным достоинством котлов этой серии является их способность работать на древесных отходах (котлы КЕВ-6,5-14-115МТ сжигают древесные отходы с подсветкой газом или мазутом).

Водогрейные котлы водотрубного типа выпускает ЗАО «Уралкотломаш». Эти котлы имеют умеренную мощность (2,5–11,6 МВт) и работают, как правило, на природном газе. Разрешенное давление воды – 1,4–1,6 МПа, температура – 70/150 °С. Достоинством этих котлов являются умеренные габариты: даже самый крупный из этой серии котел ТВГ-10 (11,6 МВт) имеет массу 10 300 кг, а длина, ширина и высота составляют только 4975 × 3840 × 4650 мм. Водотрубный котел такой же мощности, поставляемый ОАО «Дорогобужкотломаш», имеет массу 15 809 кг, а его длина достигает 13 268 мм.

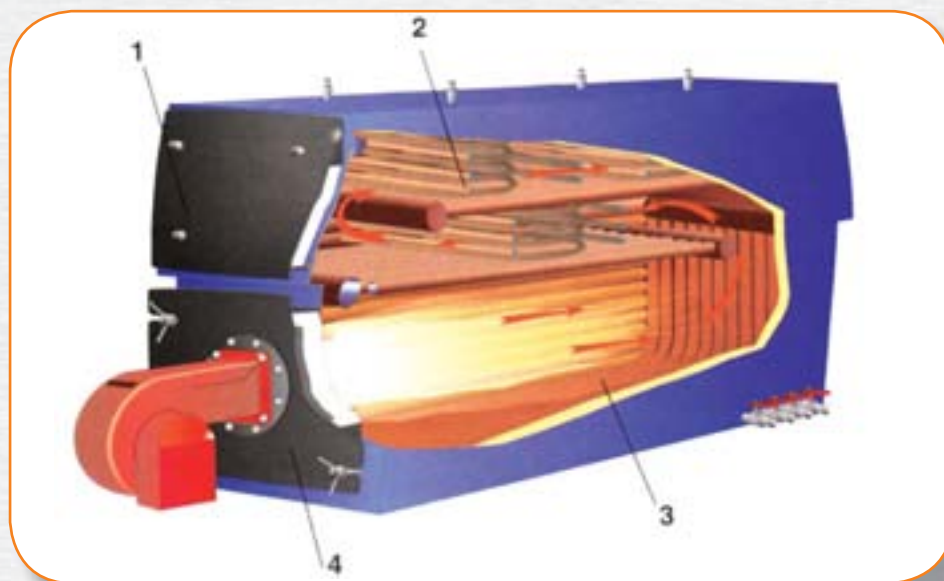


Рис. 5. Устройство трехходового водотрубного котла «Смоленск» (1 – крышка газохода; 2 – конвективный газоход; 3 – топочная камера; 4 – фронтальная камера)



# Усовершенствование котла КВГМ-100

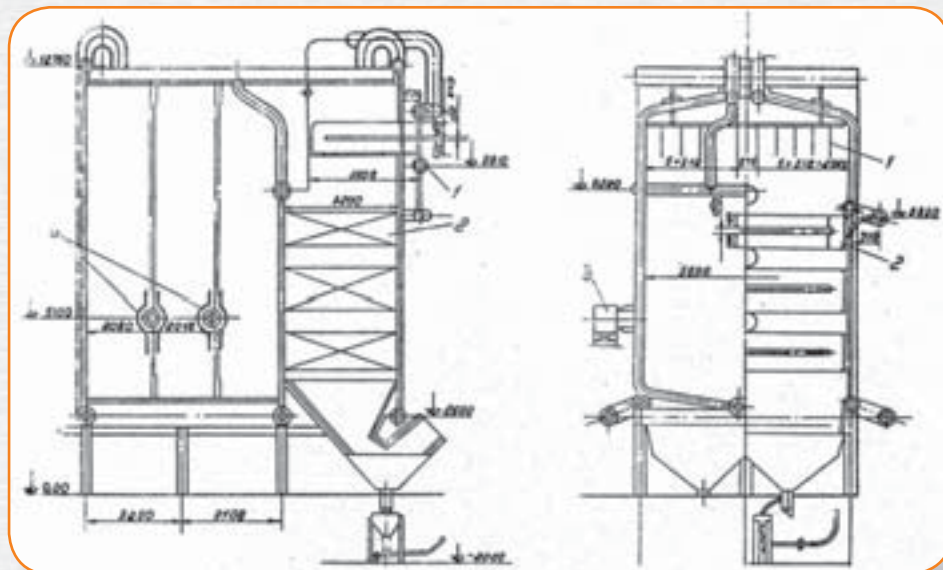
*Эксплуатация П-образного водогрейного котла КВГМ-100, установленного в качестве пикового на Волгодонской ТЭЦ-2, выявила ряд серьезных недостатков при сжигании мазута.*

Отмечалась неудовлетворительная работа ротационных горелок типа РГМГ-30, что приводило к повышенным потерям с механическим недожогом. Наблюдалось смещение факела к правой боковой стенке топки и затягивание процесса сгорания мазута. Неоптимальный режим работы горелок и переток горячих газов из топки в конвективную шахту через неплотности в местах примыкания заднего экрана топки к боковым стенкам создавали неравномерное поле температур в конвективной шахте.

Для устранения недостатков в работе котла были проведены опыты с измерением основных параметров работы топки и конвективной шахты, в которых наблюдался более высокий уровень температур газов вблизи заднего экрана топки. Усредненные  $t$  газов за верхним конвективным пакетом и на выходе из конвективной шахты составили, соответственно, 350 и 166 °С при теплопроизводительности котла 80 % номинальной. Максимальная  $t$  в этих сечениях газохода достигала, соответственно, 412 и 250 °С. Коэффициент температурной разверки изменялся в диапазоне 1,04–1,5 для сечения за верхним пакетом и 1,3–1,7 – для сечения на выходе из конвективного пучка.

Распределение плотности теплового потока в топке оказалось неравномерным, со смещением к правой боковой стенке. При теплопроизводительности 80 % номинальной измеренная с помощью температурной вставки плотность теплового потока, воспринятого трубой правого бокового экрана, составила 340 кВт/м<sup>2</sup>; стенки трубы этого экрана при этом достигала 235 °С, а избыточная  $t$  на внутренней образующей трубе – 60–80 °С. Ожидаемая величина лучистого теплового потока – 400–500 кВт/м<sup>2</sup> при номинальной теплопроизводительности.

По эксплуатационным данным были отмечены существенные неравномерности распределения температуры воды по секциям конвективной поверхности и трубам бокового экрана конвективной шахты. Общей тенденцией является более высокий уровень температур воды в трубах, примыкаю-



щих к промежуточному и заднему экранам конвективной шахты. Температура воды в стояках секций достигала 166 °С при  $t$  воды на выходе из котла 150 °С. Температурная разверка в секциях достигала 19 °С. В трубах бокового экрана абсолютная величина разверки увеличилась до 26 °С, а  $t$  воды в развернутой трубе составила 172 °С.

Ожидаемая результирующая величина разверки в трубах секций по эксплуатационным и расчетным данным, с учетом неравномерности и в плоскости змеевика, оценивается в  $19 + 4 = 23$  °С.

Температурные разверки в котле КВГМ-100 оказались более высокими по сравнению с аналогичными котлами такого же типа. Можно предположить, что в данном случае проявился в наибольшей мере суммарный эффект, обусловленный как неравномерностью поля температур газов, так и гидравлической неравномерностью, влияние которой могло заметно сказаться из-за значительных внутренних отложений в трубах.

Коэффициент тепловой эффективности конвективной поверхности при сжигании мазута в диапазоне нагрузок 24,4–82 МВт, при которых скорость газов изменилась от 2,6 до 7,1 м/с, а избытки воздуха – от 1,4 до 1,2, в среднем составил 0,6.

Практические выводы из результатов проведенных исследований послужили исходными данными для усовершенствования котла КВГМ-100. В проекте были реализованы следующие решения (рис. 1):

- установлены в топке на боковых стенках по встречной схеме 4 вихревые горелки;

- в поворотной камере над конвективной шахтой размещена дополнительная ширмовая поверхность из U-образных мембранных труб диаметром 38 × 4 мм, тепло которой используется для подогрева холодного воздуха, идущего на горение;

- верхний пакет конвективной поверхности выполнен мембранным из труб увеличенного диаметра 38 × 4 мм с увеличенным поперечным шагом – 128 мм;

- собирающие коллекторы конвективной поверхности и раздающие коллекторы боковых экранов соединены трубопроводами для обеспечения надежного перемешивания среды;

- в заборной шахте установлен калорифер для подогрева холодного воздуха в зимних условиях до положительных  $t$ .

Эксплуатация котла КВГМ-100 подтвердила правильность принятых технических решений: котел работал устойчиво, с высокими экономическими показателями.

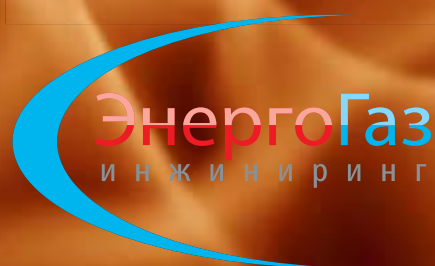
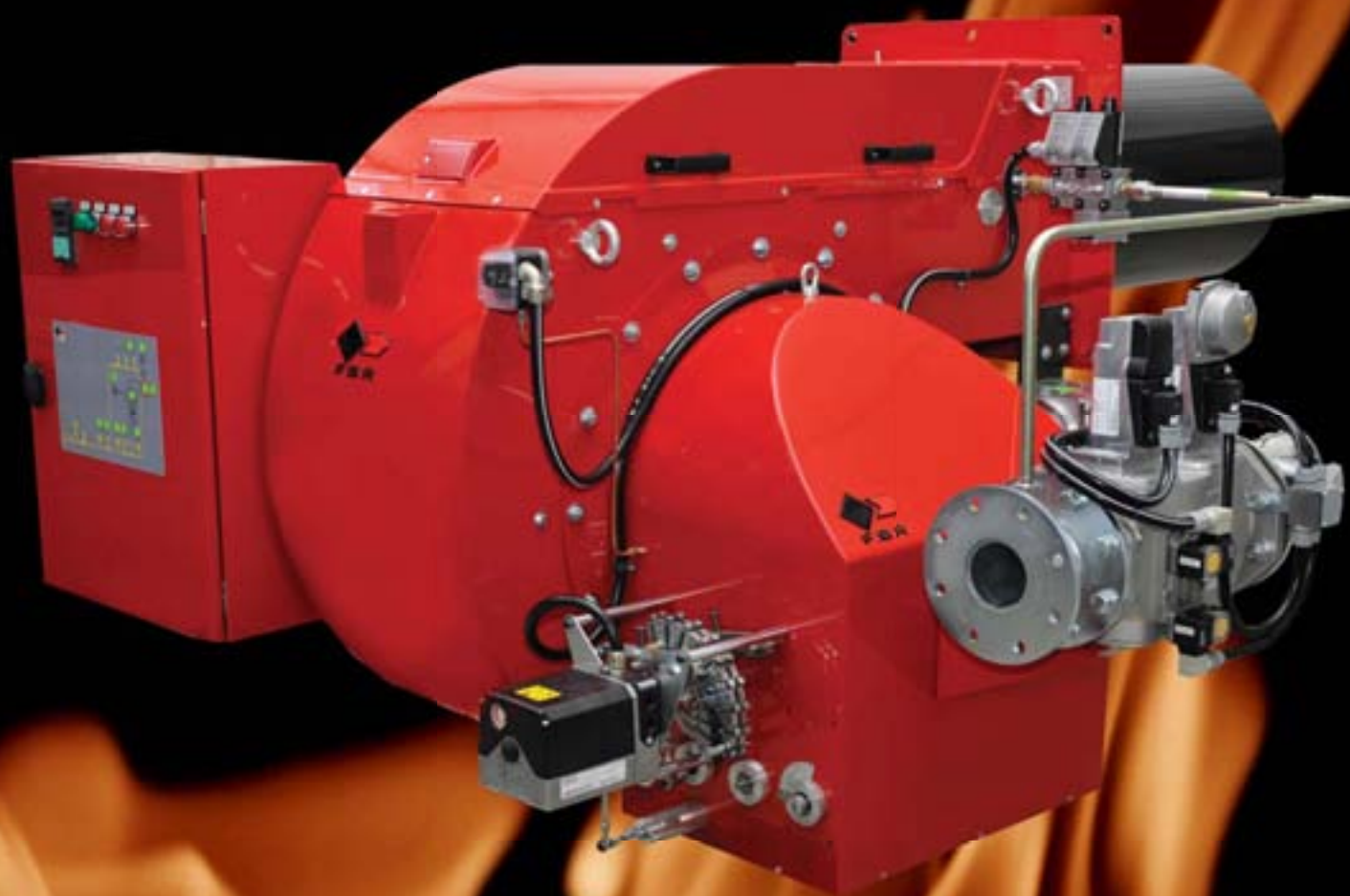




*Мы приносим тепло!*

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

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



Официальный партнер компании F.B.R. Bruciatori S.r.l. в России:  
ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»  
143400, Московская область, г. Красногорск, ул. Успенская д.3,  
офис 304  
Тел/факс.: +7 (495) 9806177  
E-mail: [energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su)  
[www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)





Сферы применения пара год от года расширяются. Сегодня он используется в целом ряде областей хозяйственной деятельности – строительстве, медицине, коммунальном хозяйстве, на предприятиях пищевой, химической промышленности и т.д. Сравнительно недавно парогенераторы стали востребованными клининговыми компаниями для очистки разнообразных поверхностей.

## Электрические парогенераторы и их применение

В. Лебедев

**Д**ля объектов вроде гостиницы, прачечной или небольшого производственного цеха потребность в паре обычно составляет от нескольких десятков до 100–200 кг/ч. Причем на большинстве объектов нет необходимости в высококачественном паре. Решая подобную задачу, можно заключить договор с централизованной тепловой сетью либо приобрести автономный парогенератор. В первом случае нужно будет построить паропровод, а затем оплачивать услуги поставщика пара (не имея при этом никакой гарантии, что подача пара будет стабильной, а его качество – соответствовать технологическим требованиям). Покупка и эксплуатация собственного парогенератора тоже требуют соответствующих затрат. Однако их можно в значительной мере минимизиро-

вать, подобрав парогенератор, точно соответствующий потребностям предприятия. Если на предприятии имеется источник электроэнергии соответствующей мощности, то вариант с электрическим парогенератором подходит как нельзя лучше.

Электрический парогенератор – это оборудование, вырабатывающее насыщенный водяной пар  $t$  до 160 °С с рабочим давлением до 10 бар. Основной его технической характеристикой является производительность по пару, которая измеряется в кг<sub>пара</sub>/ч. Производительность стандартных электрических парогенераторов лежит в пределах от 10 до 800 кг<sub>пара</sub>/ч. Это оборудование целесообразно использовать, если объект не имеет доступа к магистральному газу и источникам недорогого твердого топлива.

При сравнении электрического парогенератора с другими источниками пара (газовыми или жидкотопливными моделями) видны его несомненные преимущества. Во-первых, КПД электропарогенератора превышает 90 %, что значительно выше, чем у других видов парогенераторов. Поскольку электрические парогенераторы довольно компактны, то для их установки не требуется много места или отдельное помещение. Благодаря высокой степени готовности оборудования монтаж парогенератора и ввод в его эксплуатацию занимает всего несколько часов. Включение парогенератора и вывод его на рабочую мощность по времени занимает около 10 мин. Полная автоматизация дает возможность работать в автоматическом режиме без



присутствия оператора, что позволяет экономить на обслуживающем персонале. Еще одним достоинством электрических паровых котлов является то, что образование пара в них не сопровождается процессом горения и выбросом его продуктов. Немаловажным является и то, что для большинства электрических парогенераторов не требуется регистрации в Ростехнадзоре. Действие «Правил устройства и безопасной эксплуатации электрических котлов и электродных» (ПБ 10-575-03) распространяется только на паровые котлы с рабочим давлением (избыточным) более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>). Кроме того, правила не распространяются на котлы, использующие вместо воды в качестве теплоносителя другие вещества, а также имеющие вместимость 0,025 м<sup>3</sup> (25 л) и менее. Основная часть производителей электрических парогенераторов старается уложиться в эти параметры, чтобы облегчить и упростить жизнь потребителей.

Все это выгодно отличает электрические парогенераторы от других источников пара, делая их экономически привлекательными и востребованными на современном рынке. К основным недостаткам электроустановок можно отнести привязанность к определенной электрической мощности и относительно высокую цену на электроэнергию.

### Типы парогенераторов

Электрические парогенераторы по типу внутренней конструкции делятся на электродные, тэновые и индукционные. Каждый из них имеет свои плюсы и минусы.

В электродных парогенераторах к воде с помощью электродов подводится напряжение – ток протекает непосредственно через воду, превращая ее в насыщенный пар. Электродные парогенераторы способны вырабатывать насыщенный пар с  $t$  от 110 до 164 °С с паропроизводительностью от 10 до 1000 кг<sub>пара</sub>/ч. Они имеют низкую стоимость, дешевы в эксплуатации, обладают наибольшим КПД из электрических парогенераторов. При их обслуживании и ремонте не требуется дорогостоящих запасных частей – они в большинстве случаев могут быть изготовлены на месте, слесарем и токарем средней квалификации.

Электродные парогенераторы отличаются высокой надежностью, компактностью и простотой регулирования – меняя площадь соприкосновения электрода с водой можно плавно изменять мощность котла. Парогенераторы этого типа по габаритам намного компактнее, чем оборудование на ТЭНах аналогичной мощности.

Одно из главных преимуществ этого типа парогенераторов состоит в том, что для них нет необходимости в установке защитных устройств, предохраняющих от сгорания нагревательных элементов, так как электроды не перегорают и намного долговечнее ТЭНов. Температура самого электрода соответствует температуре воды, что в значительной степени уменьшает скорость отложения солей жесткости на поверхности электродов.

Однако необходимо учитывать, что электродные парогенераторы не могут работать с дистиллированной водой, которая обладает низкой электропроводностью. При прикладывании напряжения дистиллированная вода дает низкий ток и процесс парообразования с такой водой практически не идет. По этой причине вода, используемая в электродных котлах, должна иметь достаточно высокую электропроводность, для чего в нее добавляют химически активные вещества (соли, кислоты, пищевую соду и т.д.). Они могут переходить в пар, а это, в свою очередь, может привести к коррозии элементов системы, в которую он поступает. В то же время сами электроды крайне медленно, но все же растворяются в процессе эксплуатации. Это необходимо учитывать при работе с пищевыми продуктами или особо чистыми средами.

В котлах с тэновым нагревом, как правило, используют трубчатые электронагреватели патронного типа (ТЭНП) в оболочке из нержавеющей стали. Это является залогом чистоты пара, поскольку он не загрязняется продуктами окисления металла. Показатели генерируемого пара у тэновых парогенераторов сходны с электродными:  $t$  пара достигает 164 °С,



Рис. 1. Индукционный электропарогенератор ЭПГ-И завода нестандартного энергетического оборудования «СТРИМ» (Ростов-на-Дону)

давление – до 6 кгс/см<sup>2</sup>. Однако парогенераторы этого типа ввиду особенностей конструкции имеют обычно меньшую мощность – до 250 кг<sub>пара</sub>/ч.

По ряду параметров тэновые парогенераторы уступают электродным парогенераторам, но имеют некоторые преимущества. Например, возможность работы с дистиллированной водой. Данное свойство позволяет использовать их в замкнутом цикле производства пара, когда он превращается в дистиллированную воду и опять возвращается при помощи насосов в парогенератор. Пар, полученный из дистиллированной воды, обладает исключительной чистотой. Кроме того, «чистый» пар продлевает жизнь паропровода и паровых рубашек.

К негативным сторонам эксплуатации этого оборудования можно отнести то, что рубашка ТЭНа сильно нагревается и это приводит к интенсивному отложению солей жесткости и образованию накипи на его поверхности. Вследствие этого снижается теплоотдача, и ТЭН начинает нагреваться внутри самого себя, что может привести к выходу его из строя.

Например, накипь толщиной в 1 мм приводит к пережогу топлива на 2–3 %, а толщиной 4–5 мм – на 10 %. Кроме того, образование на внутренней стороне нагревающейся поверхности незначительных по толщине (около 0,2 мм), но малотеплопроводных отложений приводит к перегреву металла и, как следствие,



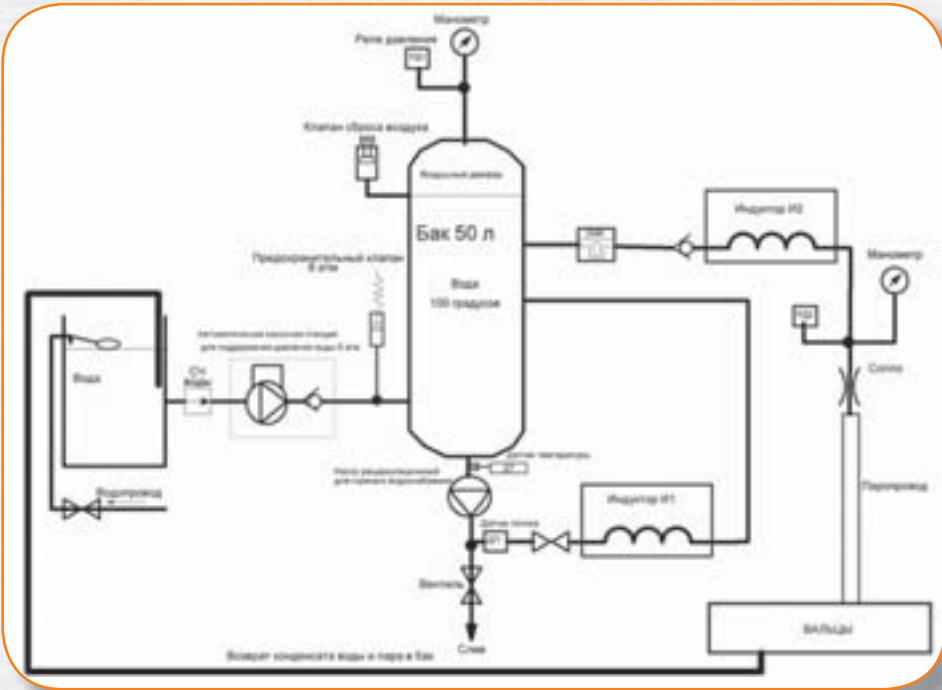


Рис. 2. Схема работы индукционного электропарогенератора ЭПГ-И

к появлению отдушин, свищей и даже разрывов экранированных труб (накипь проводит тепло примерно в 40 раз хуже, чем железо). На практике установлено, что свыше 30 % аварий с котлами малой мощности происходит из-за неудовлетворительного водного режима и главным образом из-за образовавшейся в результате этого накипи. Перегорания ТЭНа можно избежать, если пользоваться умягченной подпиточной водой либо омагничиванием, что ведет к удорожанию эксплуатации прибора.

Тэновые парогенераторы имеют значительно больший размер и массу, чем электродные парогенераторы. Стоимость обслуживания, ремонта ТЭНового парогенератора значительно выше, чем электродного парогенератора – запасные части к нему обладают низкой заменяемостью и дороговизной.

В индукционных парогенераторах вода нагревается с помощью высокочастотного излучения (рис. 1). Отсутствие прямого контакта воды и нагревательного элемента позволяет получить очень чистый пар. К недостаткам данных приборов относятся их высокая стоимость и энергопотребление, хотя данный парогенератор удобен и прост в эксплуатации. Поэтому традиционные индукционные

парогенераторы используют только в тех случаях, когда необходим пар медицинского качества.

Недавно в Ростове-на-Дону специалистами завода нестандартного энергетического оборудования «СТРИМ» был разработан индукционный низкочастотный электропарогенератор ЭПГ-И (рис. 2) производительностью 120 кг<sub>пара</sub>/ч. Потребляемая мощность составляет 32 кВт, рабочее давление – 5 кгс/см<sup>2</sup>. Экономичность парогенератора достигается не только за счет высокого КПД индукторов, но и за счет рационального использования энергии: испаряется лишь та часть воды, которая необходима технологическому процессу. Небольшой запас воды поддерживается в нагретом состоянии для обеспечения инерционности процесса и комфортного времени срабатывания устройств автоматики.

**Электрические паровые котлы и парогенераторы на российском рынке**

В России работает много компаний, выпускающих и поставляющих на рынок электрические парогенераторы. Отечественные производители предлагают преимущественно приборы, разработанные еще в Советском Союзе. В настоящий момент по-

ставкой различных модификаций этих агрегатов занимаются компании «Берег» (Москва), «Промснабкомплект», «Комплексные системы» (обе – Санкт-Петербург), НПП «Теплотехника» (г. Октябрьский, Республика Башкортостан) и др.

Предприятий, предлагающих парогенераторы собственных конструкций, гораздо меньше. Однако в последние годы их продукция постепенно находит свои ниши на отечественном рынке. Так, производственно-коммерческий центр «Координата» (г. Орел), выпускает серию из 7 тэновых парогенераторов типа ПАР-Т, предназначенных для выработки насыщенного водяного пара t 140–155 °С. Паропроизводительность составляет 15–250 кг/ч, диапазон рабочего давления – 3,5–5,5 бар. Кроме того, предприятие начало производство нового типа малогабаритных парогенераторов ПАР (ПЭЭ) паропроизводительностью до 5 и до 30 кг/ч. Следует учитывать, что дешевые парогенераторы не имеют регулировки мощности, но по заказу возможны модификации со ступенчатой регулировкой мощности или плавной регулировкой мощности (тиристорные).

Модельный ряд электродных парогенераторов ЭПГ производства НПО «Инверсия» (г. Екатеринбург), включает 9 модификаций паропроизводительностью от 30 до 500 кг/ч. Циркуляция пара



Рис. 3. Электродный парогенератор «Гейзер» 200Пк-02 («Термаль-Балтик», Санкт-Петербург)



проходит как в замкнутой системе, так и с подачей пара в необходимую емкость или на разогреваемую поверхность. Электропарогенераторы эксплуатируются в автоматическом режиме.

Компания «Термаль-Балтик» (Санкт-Петербург) предлагает на рынке серию электродных парогенераторов «Гейзер» (рис. 3) собственной разработки мощностью 100, 200, 400, 600 кВт, паропроизводительностью соответственно 170, 235, 680, 1020 кг/ч. На заказ изготавливаются парогенераторы мощностью до 3000 кВт. Для использования в условиях Крайнего Севера парогенераторы пакетируются в контейнеры.

ОАО «Станкотерм» (г. Пятигорск) выпускает электродные электропарогенераторы ЭЭП-25И2, ЭЭП-60И2, ЭЭП-90И2 и ЭЭП-200И2 производительностью соответственно до 35, 80, 120 и до 250 кг<sub>пара</sub>/ч. Электропарогенераторы разработаны совместно с Московским НИИ электротермического оборудования.

ООО «Промышленная компания» (г. Бийск, Алтайский край) выпускает электродные паровые котлы КЭП паропроизводительностью 50–1000 кг/ч. Установленная мощность составляет от 35 до 770 кВт. Парогенераторы полностью автоматизированы и не требуют постоянного присутствия оператора, при этом один оператор может обслуживать до 7 электропарогенераторов одновременно.

Производственное объединение Adin (Санкт-Петербург) выпускает большое число модификаций различных типов промышленных электропарогенераторов. Так, парогенераторы типов ЭПГД, ПГВД, ПГВК, ПСВД предназначены для выработки насыщенного водяного пара  $t$  до 200 °С и выше, производительностью до 1300 кг/ч. Диапазон рабочего давления – до 40 бар. Компания выпускает также парогенераторы экономкласса 9 модификаций: это тэновые модели ДЭП-Т паропроизводительностью 8–160 кг/ч и электродные парогенераторы ДЭП производительностью 20–650 кг<sub>пара</sub>/ч.

Для дезинфекционных камер в учреждениях здравоохранения, не имеющих централизованного пароснабжения, ОАО «Медоборудование» (Саранск, Республика Мордовия) выпускает тэновый

парогенератор ПЭЛ-100, предназначенный для выработки «медицинского» водяного пара  $t$  143 °С. Паропроизводительность составляет 100 кг/ч, рабочее давление – 3,0 бар (поддерживается автоматически в заданном диапазоне).

Компания «Промэнергопар» (Москва) изготавливает и поставляет на рынок парогенераторы электродного и тэнового типа марки ЭПэ и ЭП для промышленного и бытового назначения производительностью от 5 до 2500 кг<sub>пара</sub>/ч с диапазоном давления от 0,3 до 15 атм.

### Зарубежные электропарогенераторы

Зарубежные электрические паровые котлы и парогенераторы на отечественном рынке представлены в меньшей степени, чем отечественные. Дело в том, что паропроизводительность электрических парогенераторов западных фирм редко превышает 150 кг/ч. Более мощные модели изготавливаются только «под заказ». При этом практически все европейские парогенераторы – тэновые. Кроме того, цена парогенераторов западного производства вдвое-втрое выше стоимости аналогичных по производительности отечественных агрегатов. Среди зарубежных компаний, выпускающих такие аппараты, – Certuss (Германия), Steamrator (Финляндия), Fulton (США), Alba Makina (Турция) и некоторые другие.

Компания Steamrator является одним из ведущих производителей паровых котлов и блочно-модульных котельных малой и средней мощности в Скандинавии. Компания выпускает парогенераторы тэнового типа. Серия включает 4 модели паропроизводительностью 45–115 кг/ч и диапазоном рабочего давления 1–9 бар.

Компания Certuss производит электрические промышленные парогенераторы двух модельных рядов: Certuss Elektro E6–E72 паропроизводительностью от 8 до 97 кг/ч и Certuss Elektro E100 производительностью от 135 до 160 кг<sub>пара</sub>/ч.

Модельный ряд тэновых электрических котлов серии FBL компании Fulton (рис. 4) имеет 15 модификаций. Выход пара в зависимости от модели составляет от 10 до 1530 кг/ч, мощность –



Рис. 4. Паровой электрический котел Fulton (США) серии FBL

12–1000 кВт. В большинстве моделей элементы смонтированы вертикально, лишь в парогенераторах небольшой мощности (12–36 кВт) смонтированы горизонтально внизу сосуда высокого давления.

Электрические парогенераторы фирмы Alba Makina (рис. 5) предназначены для гостиничных комплексов, химчи-



Рис. 5. Электрический парогенератор D01-1 фирмы Alba Makina (Турция)

сток и прочих объектов с потребностью в паре до 80 кг/ч. В линейке парогенераторов фирмы (4 модели) представлено оборудование мощностью 15–60 кВт и производительностью от 6 до 78 кг<sub>пара</sub>/ч. Температура пара составляет 152 °С, максимальное давление – 4 бара.





В настоящей статье рассказывается о влажном паре и средствах его учета, которые применяются на парогенерирующих объектах (прежде всего в практике промышленных котельных и теплоэлектростанций). Их энергоэффективность во многом определяется точностью измерения, которая зависит как от принципа учета, так и от качества расходомера пара.

## Измерение расхода влажного пара

Г. Сычев

### Свойства водяного пара

Насыщенный пар – это водяной пар, находящийся в термодинамическом равновесии с водой, давление и температура которого связаны между собой и располагаются на кривой насыщения, определяющей температуру кипения воды при данном давлении.

Перегретым паром называют водяной пар, нагретый до температуры выше температуры кипения воды при данном давлении, получаемый, например, из насыщенного пара путем дополнительного нагрева.

Сухой насыщенный пар представляет собой бесцветный прозрачный газ, являясь гомогенной, то есть однородной средой. До некоторой степени его можно считать абстракцией, так как получение его затруднительно – в природе он встреча-

ется только в геотермальных источниках, а производимый паровыми котлами насыщенный пар не является сухим – типичные значения степени сухости для современных котлов составляют 0,95–0,97. При нештатных ситуациях (капельном выносе котловой воды при работе котла при пониженном рабочем давлении или при резком возрастании потребления пара) степень сухости еще ниже. Кроме того, сухой насыщенный пар метастабилен: при поступлении тепла извне он легко становится перегретым, а при отдаче тепла – влажным насыщенным.

Влажный насыщенный пар представляет собой механическую смесь сухого насыщенного пара с взвешенной мелкодисперсной жидкостью, находящейся с паром в термодинамическом и кинетическом

равновесии. Флуктуация плотности газовой фазы, наличие посторонних частиц, в том числе несущих электрические заряды – ионы, приводит к возникновению центров конденсации, носящей гомогенный характер. По мере роста влажности насыщенного пара, например, из-за тепловых потерь или повышения давления, мельчайшие капельки воды становятся центрами конденсации и постепенно растут в размерах, а насыщенный пар превращается в двухфазную среду (пароконденсатную смесь в виде тумана). Насыщенный пар, представляющий газовую фазу пароконденсатной смеси, при движении передает часть своей кинетической и тепловой энергии жидкой фазе. Газовая фаза потока несет в своем объеме капельки жидкой фазы, но скорость жидкой фазы потока



существенно ниже скорости его паровой фазы. Влажный насыщенный пар может формировать границу раздела, например, под воздействием гравитации. Структура двухфазного потока при конденсации пара в горизонтальных и вертикальных трубопроводах меняется в зависимости от соотношения долей газовой и жидкой фаз.

Характер течения жидкой фазы зависит от соотношения сил трения и сил тяжести. В горизонтально расположенном трубопроводе при высокой скорости пара течение конденсата может оставаться пленочным, как и в вертикальной трубе, при средней может приобретать спиралевидную форму, а при низкой – пленочное течение наблюдается только на верхней внутренней поверхности трубопровода, а в нижней формируется непрерывный поток, «ручей».

Таким образом, в общем случае поток пароконденсатной смеси при движении представляет собой три составляющих: сухой насыщенный пар, жидкость в виде капель в ядре потока и жидкость в виде пленки или струи на стенках трубопровода. Каждая из этих фаз имеет свою скорость и температуру, при этом при движении пароконденсатной смеси возникает относительное скольжение фаз.

Измерение массового расхода и тепловой энергии влажного насыщенного пара связано со следующими проблемами:

- 1) газовая и жидкая фазы влажного насыщенного пара движутся с различной скоростью и занимают переменную эквивалентную площадь поперечного сечения трубопровода;
- 2) плотность насыщенного пара воз-

растает по мере роста его влажности, причем зависимость плотности влажного пара от давления при различной степени сухости неоднозначна;

- 3) удельная энтальпия насыщенного пара снижается по мере роста его влажности;

- 4) определение степени сухости влажного насыщенного пара в потоке затруднительно.

Вместе с тем повышение степени сухости влажного насыщенного пара возможно двумя известными способами: «мятием» пара (снижением давления и, соответственно, температуры влажного пара) с помощью редукционного клапана и отделением жидкой фазы с помощью сепаратора пара и конденсатоотводчика. Эти методы известны более ста лет. Так, А.С. Ломшаков в работе «Испытание паровых котлов» (СПб, 1913) писал: «отделение воды от пара в паропроводе не представляет затруднений. Если пар движется со скоростью около 15 м/с и быстрее, то большинство водоотделителей осушают его до 1 % содержания воды, даже в том случае, если до водоотделителя он был очень влажен. Это было доказано опытами Зентнера». Современные сепараторы пара обеспечивают почти 100 % осушение влажного пара.

### Принципы измерений расхода пара

Измерение расхода двухфазных сред – крайне сложная задача, до сих пор не вышедшая за пределы исследовательских лабораторий. Это в особой степени касается пароводяной смеси. Большинство расходомеров пара являются скоростными, то есть измеряют скорость потока пара. К ним относятся расходомеры переменного перепада давления на базе сужающих устройств, вихревые, ультразвуковые, тахометрические, корреляционные, струйные расходомеры. Особняком стоят кориолисовы и тепловые расходомеры, непосредственно измеряющие массу протекающей среды.

Расходомеры переменного перепада давления на базе сужающих устройств (диафрагм, сопел, труб Вентури и других местных гидравлических сопротивлений) до сих пор являются основным средством изме-

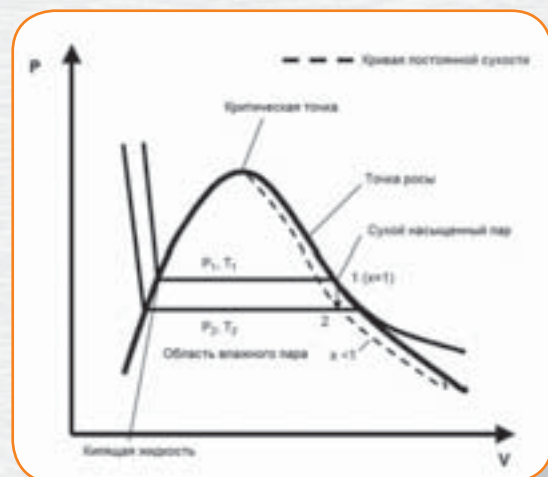
рения расхода пара. Однако, в соответствии с подразделом 6.2 ГОСТ Р 8.586.1-2005 «Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом перепада давления», по условиям применения стандартных сужающих устройств, контролируемая «среда должна быть однофазной и однородной по физическим свойствам».

При наличии в трубопроводе двухфазной среды пара и воды измерение расхода теплоносителя приборами переменного перепада давления с нормированной точностью не обеспечивается. В этом случае можно было бы говорить об измеренном расходе паровой фазы (насыщенного пара) потока влажного пара при неизвестном значении степени сухости. Таким образом, применение таких расходомеров для измерения расхода влажного пара приведет к недостоверным показаниям.

Оценка возникающей методической погрешности (до 12 % при давлении до 1 МПа и степени сухости 0,8) при измерении влажного пара расходомерами переменного перепада давления на базе сужающих устройств проведена в работе Е. Абаринова и К. Сарело «Методические погрешности измерения энергии влажного пара теплосчетчиками на сухой насыщенный пар».

### Ультразвуковые расходомеры

Ультразвуковые расходомеры, успешно применяемые при измерении расхода жидкостей и газов, еще не нашли широкого применения при измерении расхода пара, несмотря на то что отдельные их типы выпускаются серийно или были анонсированы производителем. Проблема заключается в том, что ультразвуковые расходомеры, реализующие доплеровский принцип измерений, основанный на сдвиге частоты ультразвукового луча, не пригодны для измерения перегретого и сухого насыщенного пара из-за отсутствия неоднородностей в потоке, необходимых для отражения луча, а при измерении расхода влажного пара сильно занижают показания из-за отличия скоростей газовой и жидкой фазы. Ультразвуковые расходомеры импульсного типа, наоборот, неприменимы для влажного пара из-за отражения, рассеивания и преломления ультразвукового луча на каплях воды.





### Вихревые расходомеры

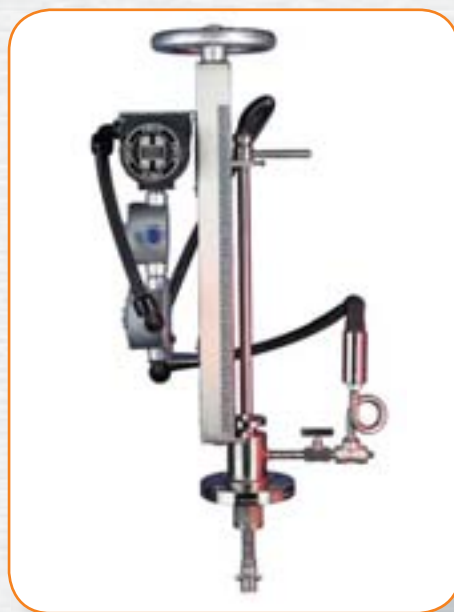
Вихревые расходомеры разных производителей при измерении влажного пара ведут себя неодинаково. Это определяется как конструкцией первичного преобразователя расхода, принципа детектирования вихрей, электронной схемы, так и программного обеспечения. Принципиальным является влияние конденсата на работу чувствительного элемента. В некоторых конструкциях серьезные проблемы возникают при измерении расхода насыщенного пара, когда одновременно в трубопроводе существует газовая и жидкая фаза. Вода концентрируется вдоль стенок трубы и препятствует нормальному функционированию датчиков давления, установленных заподлицо со стенкой трубы. В других конструкциях конденсат может затопливать сенсор и блокировать измерение расхода вовсе. Зато у некоторых расходомеров это практически не влияет на показания.

Кроме этого, двухфазный поток, набегая на тело обтекания, формирует целый спектр вихревых частот, связанных как со скоростью газовой фазы, так и со скоростями жидкой фазы (капельной формы ядра потока и пленочной или струйной пристеночной области) влажного насыщенного пара. При этом амплитуда вихревого сигнала жидкой фазы может быть весьма значительной, и, если электронная схема не предполагает цифровой фильтрации сигнала с помощью спектрального анализа и специального алгоритма выделения «истинного» сигнала, связанного с газовой фазой потока, что характерно для упрощенных моделей расходомеров, то будет происходить сильное занижение показаний расхода. Лучшие модели вихревых расходомеров обладают системами DSP (цифровой обработки сигнала) и SSP (спектральной обработки сигнала на основе быстрого преобразования Фурье), которые позволяют не только повысить отношение сигнал/шум, выделить «истинный» вихревой сигнал, но и устранить влияние вибраций трубопровода и электрических помех.

Несмотря на то что вихревые расходомеры предназначены для измерения расхода однофазной среды, они могут быть использованы для измерения расхода двухфазных сред, в том числе пара с

каплями воды при некоторой деградации метрологических характеристик. Так, по экспериментальным исследованиям компаний EMCO и Spirax Sarco влажный насыщенный пар со степенью сухости свыше 0,9 можно считать гомогенным и за счет «запаса» по точности расходомеров PhD и VLM ( $\pm 0,8\text{--}1,0\%$ ), показания массового расхода и тепловой мощности будут находиться в пределах погрешностей, нормированных в «Правилах учета тепловой энергии и теплоносителя».

При степени же сухости 0,7–0,9 относительная погрешность измерений массового расхода этих расходомеров может достигать 10 % и более.



Чтобы избежать блокирование чувствительного элемента вихревого расходомера, например чувствительного крыла конденсатом, некоторые производители рекомендуют ориентировать первичный преобразователь таким образом, чтобы ось чувствительного элемента была параллельна поверхности раздела пар/конденсат.

### Другие типы расходомеров

Расходомеры переменного перепада/переменной площади, обтекания с подпружиненной заслонкой и мишенные переменной площади не допускают измерение двухфазной среды из-за возможного эрозионного износа проточной части при движении конденсата.

Принципиально только массовые расходомеры кориолисового типа могли бы

измерять двухфазную среду, однако исследования показывают, что погрешности измерений кориолисовых расходомеров в значительной степени зависят от соотношения долей фаз, а «попытки разработать универсальный расходомер для многофазных сред скорее ведут в тупик» (доклад В. Кравченко и М. Риккен «Измерения расхода с помощью кориолисовых расходомеров в случае двухфазного потока» на XXIV международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей» в Санкт-Петербурге). В то же время кориолисовые расходомеры интенсивно развиваются, и, возможно, успех будет достигнут уже скоро, но пока таких промышленных средств измерений на рынке нет.

### Коррекция степени сухости пара

Для вычисления массового расхода и тепловой мощности влажного пара необходимо измерение степени сухости. Многие тепловычислители и теплоэнергоконтроллеры российского производства имеют в качестве опции введение константы «степень сухости пара», с помощью которой производится коррекция удельной плотности и энтальпии влажного насыщенного пара.

Плотность насыщенного водяного пара определяют по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_2 \cdot (1 - X) + \rho_1 \cdot X},$$

X – степень сухости насыщенного водяного пара, кг/кг.

Фиксированное значение степени сухости может быть установлено на базе экспертной оценки или баланса масс (последний можно установить при анализе статистических данных и наличии одного источника и одного потребителя пара), однако эти методы будут создавать существенную погрешность, поскольку не учитывают динамические погрешности, связанные с изменением степени сухости в процессе работы.

В разные годы в России и СНГ появлялась информация о реализации измерителей сухости пара в потоке (поточных влагомеров) основанных, например, на



диэлькометрическом методе измерений (зависимости диэлектрической проницаемости от влажности пара), радиационного просвечивания трубопровода гамма-лучами, однако промышленных влагомеров пара до сих пор не появилось на рынке.

На самом деле американская компания EMCO (с 2005 г. бренд Spirax Sarco) выпускала вычислитель потока FP-100, имеющий токовый вход 4-20 мА с функцией ввода «влажности пара» и собственно измеритель влажности пара, действующий на зависимости степени поглощения СВЧ-энергии в потоке влажного пара. Однако в начале 1990-х гг. этот вход перестал использоваться, а измеритель влажности перестал производиться, поскольку стало совершенно очевидно, что использование влажного пара для каких-либо целей, кроме весьма ограниченных технологических, неприемлемо из-за снижения энергоэффективности пароконденсатных систем, повышенного износа паропроводов, арматуры, фитингов и других устройств, возрастания риска аварий и катастроф в опасных промышленных и других объектах.

### Решение проблемы измерения расхода влажного пара

Единственно правильным решением осуществления метрологически достоверного и надежного учета тепловой мощности и массового расхода влажного насыщенного пара является следующий метод:

- 1) сепарирование влажного пара с помощью сепаратора и конденсатоотводчика;
- 2) измерение расхода сухого насыщенного пара любым пригодным для этого расходомером;
- 3) измерение расхода конденсата любым пригодным для этого расходомером;
- 4) расчет массовых расходов и тепловых мощностей пара и конденсата;
- 5) интегрирование параметров во времени, архивирование и формирование протоколов измерений.

Измерение расхода конденсата должно производиться в той части конденсатопровода, где обеспечено однофазное состояние конденсата (без пара вторичного вскипания), например, после конденсатного бака (ресивера), имеющего связь с атмос-

ферой (востовую трубу), с использованием конденсатного насоса или перекачивающего конденсатоотводчика.

### Измерение пульсирующих расходов

Погрешности при измерении быстроменяющихся (пульсирующих) потоков расходомерами переменного перепада давления в некоторых случаях могут достичь недопустимо больших значений. Это связано с большим числом источников погрешности: влияния квадратичной зависимости между расходом и перепадом давления, влиянием местного ускорения, влиянием акустических явлений и импульсных (соединительных) трубок. Поэтому п.6.3.1 ГОСТ Р 8.586.1-2005 «Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом перепада давления» устанавливает, что «Расход должен быть постоянным или медленно меняющимся во времени».

Измерение пульсирующих расходов вихревыми расходомерами не представляет проблем, так как эти расходомеры имеют достаточное быстродействие при измерении расхода пара. Диапазон частот срыва вихрей с тела обтекания при измерении расхода пара составляет сотни и тысячи герц, что соответствует временным интервалам от единиц до десятков миллисекунд. Современные электронные схемы вихревых расходомеров анализируют спектр сигнала за 3–7 периодов синусоидального вихревого сигнала, обеспечивая отклик в течение менее 30–70 мс, достаточный для отслеживания быстропотекающих процессов.

### Измерение расхода пара в переходных режимах

Пусковые режимы трубопровода связаны с прогревом трубопровода насыщенным или перегретым паром и интенсивным образованием конденсата. Наличие конденсата будет подвергать опасности гидроударов кинетического и термодинамического типа как сами паропроводы, так и арматуру, фитинги и другие устройства, установленные на паропроводе, при контакте пара с конденсатом. Дренаж паропроводов совершенно необходим не только в режиме прогрева и пуска, но и при нормальной эксплуатации. При этом сепарация образующегося в переходных

режимах конденсата, с помощью сепараторов пара и конденсатоотводчиков, наряду с получением сухого насыщенного пара, обеспечивает отвод конденсата, который может быть измерен расходомером жидкости любого пригодного для этой среды типа.

Наличие конденсата во влажном паре представляет серьезную угрозу возникновения гидроударов. При этом возможно как образование пробки конденсата, так и мгновенная конденсация пара при контакте с жидкостью. Расходомеры на сужающих устройствах не боятся гидроударов, а с вихревыми устройствами несколько сложнее. Дело в том, что в вихревых расходомерах на основе пульсаций давления чувствительные элементы находятся под тонкой мембраной, а потому не защищены от гидроударов. Производители, как правило, честно предупреждают об этом, напоминая, что



гарантия на прибор в этом случае недействительна. В вихревых же расходомерах на основе изгибных напряжений чувствительный элемент отделен от измеряемой среды и не может быть поврежден в случае гидроудара.

В настоящее время на рынке известны сотни производителей вихревых расходомеров, но мировыми лидерами по разработке и выпуску этого типа приборов являются корпорация Yokogawa Electric (Япония), Endress+Hauser (Германия) и EMCO (США).





Каскадная котельная из двух котлов Vaillant и обвязкой по схеме Тихельмана позволила организовать экономичное и эффективное отопление и ГВС крупного домовладения в пригороде г. Екатеринбурга (общая площадь отапливаемых объектов 1100 м<sup>2</sup>). При этом было сэкономлено немало средств и полезной площади для домовладельца при максимальном уровне комфорта.

## Каскадная котельная Vaillant

Для отопления домовладения, в состав которого входят особняк владельца, гостевой дом и баня (при этом имеются такие гидротехнические сооружения, как плавательный бассейн, сауна, хамам, теплые полы), была построена одна котельная мощностью 130 кВт.

В качестве отопительных агрегатов использованы 2 конденсационных котла Vaillant VU 656/4. В обвязку котлов включен гидравлический разделитель, после которого построена вся система распределения теплоносителя: 9 контуров – теплые полы дома и бани, радиаторное отопление всех объектов, контур теплообменника бассейна, контур загрузки бойлеров, контур подогрева вентиляции, контур нагрева хамама. ГВС обеспечивается двумя водонагревателями косвенного нагрева Vaillant VIH R 300.

Вся система работает в автоматическом режиме. Для реализации этой задачи использован погодозависимый регулятор calorMATIC 630, а также дополнительные смесительные модули VR60. Автоматика управляет в общей сложности девятью контурами различного назначения, размещенными в соответствующих зданиях. Философия построения данной системы управления позволяет децентрализовать управление, размещая в каждом здании небольшие коллекторные узлы распределения теплоносителя между контурами радиаторного отопления и ветвями системы отопления теплым полом. Причем для обеспечения локального регулирования теплыми полами применены

модули радиоконтроля с выносными беспроводными терморегуляторами и электроприводами на коллекторном узле. Это сводит к минимуму количество необходимых трубопроводов и кабелей управления, которые надо прокладывать между зданиями на участке.





Для дистанционного управления системой, а также для дистанционного контроля за котельной предусмотрен модуль vnetDialog, который позволяет отслеживать состояние системы в текущий момент, получать оповещения о всех аварийных ситуациях, иметь возможность перенастраивать параметры отопления и подготовки горячей воды и управления нагревом бассейна удаленно через Интернет.

Проектирование и монтаж оборудования осуществлен Группой компаний «Феррон» – партнером «Вайлант Групп Рус» в г. Екатеринбурге и Свердловской области. Компания является региональным дистрибьютором и авторизованным сервисным центром, имеет собственный склад запасных частей ([www.ferrongroup.ru](http://www.ferrongroup.ru)).

Первоначально хозяин домовладения планировал обустроить по отдельной котельной в каждом отапливаемом строении: в коттедже, гостевом доме и бане. Это потребовало бы подведения газовой магистрали к каждому объекту, выделения площади для размещения каждой из трех (!) котельных, создания и согласования трех отдельных проектов. Под каждую котельную потребовалось бы также построить свою систему дымоходов.

После тщательного технического аудита объекта и экономических расчетов, проведенных специалистами компании «Феррон», домовладельцу был предложен альтернативный проект: одна каскадная котельная для отопления и ГВС всех построек на территории на базе двух настенных конденсационных газовых котлов Vaillant, расположенная в бане в двухуровневом помещении с отдельным входом.

Проект технически довольно сложный (см. схему), но его преимущества очевидны: газ подводится только к одному помещению – к бане. На первом этаже расположена котельная с узлом распределения тепла, а большинство технологических элементов системы водоснабжения и сопутствующего оборудования бассейна – в подвальном помещении под котельной. Там размещены: два гидроаккумулятора по 500 л для создания запаса холодной питьевой воды, 2 буферные емкости бассейна,

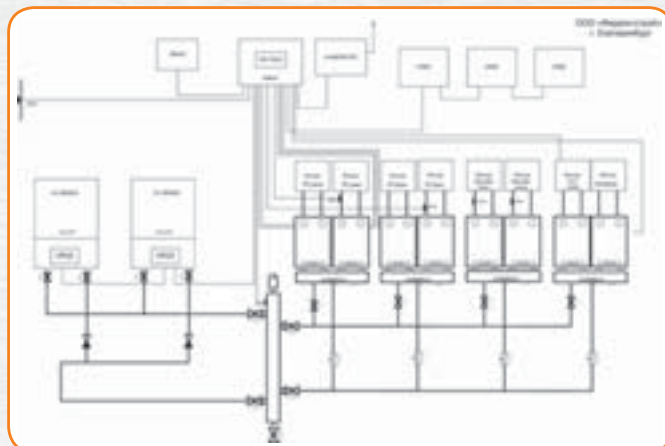
фильтры, насосы, водоподготовка и пр.

Конфигурация подключения котлов выполнена по так называемой схеме Тихельмана, при которой гидравлическое сопротивление веток выровнено между собой. Таким образом, нагрузка между двумя котлами распределяется равномерно.

Данная схема в совокупности с применением экономичных конденсационных котлов позволила добиться очень высокой энергоэффективности объекта по расходу газа. Благодаря использованию погодозависимого регулятора и автоматики вся работа оборудования осуществляется в автоматическом режиме с возможностью дистанционного управления, что обеспечивает высокий уровень комфорта для жильцов. Отдельный вход в помещение котельной сводит к минимуму контакт обитателей коттеджа с техническими специалистами, осуществляющими сервисное обслуживание. (Вообще-то, отдельный вход – это требование нормативных документов при размещении газовых теплогенераторов.)

По самым скромным подсчетам, применение каскадной котельной позволило владельцу домовладения сэкономить около 30–35 % на оборудовании и строительных работах, обеспечило максимальную энергоэффективность объекта и высокий комфорт в жилище.

Еще одним немаловажным преимуществом такого локализованного объединения функционала котельной в одном месте является то, что теперь эту котельную можно дополнить системой гелиоколлекторов VAILLANT с буферной емкостью, которая смогла бы на себя взять обеспечение теплом бассейна, нагрев ГВС в весенне-летний-осенний период. Расходы тепла на этих потребителей значительные, и применение гелиоустановки в данном случае позволило бы сократить годовые эксплуатационные затраты еще на 25–35 %!







Сегодня на российском рынке газотурбинного оборудования активно работают ведущие зарубежные энергомашиностроительные компании. Предлагая качественное и долговечное оборудование, они составляют серьезную конкуренцию отечественным предприятиям. Тем не менее традиционные российские производители стараются не уступать мировым стандартам.

## Перспективы российских производителей газотурбин

М. Василевский

**В** конце августа этого года наша страна стала членом Всемирной торговой организации (ВТО). Это обстоятельство неизбежно приведет к усилению конкуренции на отечественном рынке энергетического машиностроения. Здесь, как и везде, действует закон: «изменяйся или умирай». Не пересмотрев технологии и не проведя глубокую модернизацию, бороться с акулами западного машиностроения будет практически невозможно. В связи с этим все актуальней становятся вопросы, касающиеся разработки современного оборудования, работающего в составе парогазовых установок (ПГУ).

В последние два десятилетия парогазовая технология стала самой популярной в мировой энергетике – на нее приходится до двух третей всех вводимых сегодня на планете генерирующих мощностей. Это обусловлено тем, что в парогазовых установках энергия сжигаемого топлива используется в бинарном цикле – сначала в газовой турбине, а потом в паровой, а потому ПГУ эффективнее любых тепловых станций (ТЭС), работающих только в паровом цикле.

В настоящее время единственная область в тепловой энергетике, в которой Россия критически отстает от ведущих мировых производителей – это газовые

турбины большой мощности – 200 МВт и выше. Причем зарубежные лидеры не только освоили производство газовых турбин единичной мощностью 340 МВт, но и успешно опробовали и применяют одновальную компоновку ПГУ, когда газовая турбина мощностью 340 МВт и паровая турбина мощностью 160 МВт имеют общий вал. Такая компоновка позволяет существенно сократить сроки создания и стоимость энергоблока.

Минпромторг России в марте 2011 г. принял «Стратегию развития энергомашиностроения Российской Федерации на 2010–2020 годы и на перспективу до 2030 года», в соответствии с которой это



направление в отечественном энергетическом машиностроении получает солидную поддержку от государства. В итоге российское энергетическое машиностроение к 2016 г. должно осуществить промышленное освоение, включая полномасштабные испытания и доработку на собственных испытательных стендах, усовершенствованных газотурбинных установок (ГТУ) мощностью 65–110 и 270–350 МВт и парогазовых установок (ПГУ) на природном газе с повышением их коэффициента полезного действия (КПД) до 60 %.

Причем Россия умеет производить все основные узлы ПГУ – паровые турбины, котлы, турбогенераторы, а вот современная газовая турбина пока не дается. Хотя еще в 1970-е гг. наша страна была лидером в этом направлении, когда первые в мире были освоены суперсверхкритические параметры пара.

В целом, в результате реализации Стратегии предполагается, что доля проектов энергоблоков с использованием зарубежного основного энергетического оборудования должна составить к 2015 г. не более 40 %, к 2020 г. – не более 30 %, к 2025 г. – не более 10 %. Считается, что иначе может возникнуть опасная зависимость стабильности работы единой энергосистемы России от поставок зарубежных комплектующих. В процессе эксплуатации энергетического оборудования регулярно требуется замена ряда узлов и деталей, работающих в условиях высоких температур и давлений. При этом часть таких комплектующих в России не производится. Например, даже для отечественной газовой турбины ГТЭ-110 и лицензионной ГТЭ-160 некоторые важнейшие узлы и детали (например, диски для роторов) закупаются только за рубежом.

На нашем рынке активно и весьма успешно работают такие крупные и продвинутые концерны, как Siemens и General Electric, которые часто побеждают в тендерах на поставку энергетического оборудования. В российской энергосистеме уже существует несколько генерирующих объектов, в той или иной степени укомплектованных основным энергетическим оборудованием производства Siemens, General Electric и др.

Правда, их суммарная мощность пока не превышает 5 % от общей мощности российской энергосистемы.

Однако многие генерирующие компании, использующие отечественное оборудование при его замене, предпочитают все же обращаться к фирмам, с которыми они привыкли работать не одно десятилетие. Это не просто дань традиции, а оправданный расчет – многие российские компании провели технологическое обновление производства и на равных ведут борьбу с мировыми энергомашиностроительными гигантами. Сегодня мы более подробно расскажем о перспективах таких крупных предприятий, как ОАО «Калужский турбинный завод» г. (Калуга), ЗАО «Уральский турбинный завод» (г. Екатеринбург), НПО «Сатурн» (г. Рыбинск, Ярославская обл.), Ленинградский металлический завод (г. Санкт-Петербург).

### ОАО «Калужский турбинный завод»

ОАО «Калужский турбинный завод» выпускает паровые турбины малой и средней мощности (до 80 МВт) для привода электрических генераторов, приводные паровые турбины, блочные турбогенераторы, паровые геотермальные турбины и пр. (рис. 1). Завод был основан в 1946 г., а через четыре года были выпущены первые 10 турбин собственной конструкции (ОР300). На сегодняшний день заводом для объектов энергетики России, стран СНГ и дальнего зарубежья выпущено более 2640 энергетических установок суммарной мощностью 17 091 МВт.

В наши дни предприятие входит в состав энергомашиностроительного концерна «Силовые машины». Одним из практических результатов аффилирования стало внедрение с января 2012 г. информационного решения SAP ERP на основе действующего прототипа, успешно используемого в ОАО «Силовые машины», вместо ранее применяемой на КТЗ системы Ваап. Создаваемая информационная система позволит предприятию выйти на новый уровень автоматизации производства,

модернизировать свои бизнес-процессы на основе лучших практик мировых лидеров машиностроительной отрасли, повысить точность и оперативность управленческих решений.

Продукция завода пользуется стабильным спросом в России и за рубежом. Предприятие имеет большой портфель заказов на паротурбинное оборудование. В 2011 г. для Уфимской ТЭЦ №5 изготовлены и предъявлены заказчику две паровые турбины Т-60/73 – самые мощные из выпускающихся ОАО «КТЗ» установок на сегодняшний день. Одним из последних проектов можно назвать контракт с ОАО «Энергостроительная корпорация «Союз», в рамках которого КТЗ изготовил две паровые турбины для филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Братске (Иркутская обл.), предназначенные для реконструкции турбинного отделения ТЭЦ-3. По условиям договора две противодавленческие турбины – Р-27-8,8/1,35 мощностью 27 МВт и Р-32-8,8/0,65 мощностью 32 МВт – были поставлены летом этого года.

В последние годы в мире все активнее используются нетрадиционные источники энергии, в том числе геотермальный пар. Геотермальные электро-



Рис. 1

станции (ГеоЭС) можно назвать одним из самых дешевых и надежных источников электроэнергии, поскольку они не зависят от условий доставки и цен на топливо. Инициатором развития геотермальной энергетики России последних лет стала фирма «Геотерм». В качестве базового предприятия по поставке энергоустановок для заказов этой компании выступил ОАО «Калужский турбинный завод». Обращение к КТЗ не было слу-



чайным, поскольку на предприятии была практически решена одна из основных проблем геотермальных турбин – работа на влажном паре. Эта проблема сводится к необходимости защищать от эрозии рабочие лопатки последних ступеней. Распространенный метод защиты – установка специальных накладок, изготовленных из материалов, стойких к эрозии. КТЗ для защиты от эрозии применяет метод, основанный на борьбе не со следствием, а с самой причиной эрозии – с крупнодисперсной влагой.

В 1999 г. была введена в строй Верхне-Мутновская ГеоЭС на Камчатке мощностью 12 МВт – все оборудование энергоблоков для станции по контракту с «Геотерм» было поставлено из Калуги. Практически все турбоустановки, поставленные для геотермальных электростанций России (Паужетская, Южно-Курильская на о. Кушашир, Верхне-Мутновская, Мутновская ГеоЭС), изготовлены Калужским турбинным заводом. К настоящему времени предприятием накоплен большой опыт создания геотермальных турбоустановок любого типа-размера от 0,5 до 50 МВт. Сегодня ОАО «Калужский турбинный завод» является наиболее квалифицированным в России турбинным заводом по геотермальной тематике.

## ЗАО «УТЗ» (Уральский турбинный завод)

Предприятие исторически расположено в г. Екатеринбурге и входит в группу компаний «Ренова». Первая паровая турбина АТ-12 мощностью 12 тыс. кВт была собрана и испытана уральскими турбостроителями в мае 1941 г. Несмотря на то что это была первая турбина УТЗ, она надежно проработала 48 лет.

Сейчас Уральский турбинный завод – одно из ведущих в России машиностроительных предприятий по проектированию и производству паровых теплофикационных турбин средней и большой мощности, конденсационных турбин, паровых турбин с противодавлением, турбин мягкого пара, газоперекачивающих агрегатов, энергетических газотурбинных установок и др. Турбины, произведенные УТЗ, составляют около 50 % всех действующих в России и СНГ теплофи-

кационных турбин. За более чем 70-летнюю работу завод поставил 861 паровую турбину общей мощностью 60 тыс. МВт на электростанции различных стран.

На предприятии разработано целое семейство паровых турбин для паросиловых установок разных типов. Кроме того, специалистами УТЗ ведется разработка и подготовка производства турбин для парогазовых установок – проработаны варианты парогазовых установок мощностью 95–450 МВт. Для установок мощностью 90–100 МВт предлагается одноцилиндровая паровая теплофикационная турбина Т-35/47-7,4. Для двухконтурной парогазовой установки мощностью 170–230 МВт предлагается использование теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0, которая при сохранении конструкции и в зависимости от параметров пара может иметь маркировку от Т-45/60-7,2 до Т-55/70-8,2. На базе этой турбины заводом могут быть произведены конденсационные паровые турбины мощностью 60–70 МВт.

По словам первого заместителя генерального директора ЗАО «УТЗ» Дениса Чичагина, отечественное станко- и машиностроение на данный момент не дотягивает до мирового уровня. Для модернизации предприятий нужно дать зеленый свет высокотехнологичному оборудованию, поэтому в настоящее время компания изменяет технологическую политику. В тесной кооперации со специалистами ЗАО «ПОТЕК» и компанией Sulzer (Швейцария) на заводе проводится модернизация управленческих и технологических схем для успешного освоения и адаптации зарубежных прогрессивных технологий, что значительно усилит позиции предприятия на рынке. На предприятии продолжается разработка оптимальных конструкторских решений по основному турбинному оборудованию, при этом заказчику предлагаются современные решения по сервису, в том числе



Рис. 2

основанные на долгосрочном постгарантийном обслуживании паровых и газовых турбин. В 2009–2011 гг. завод вложил в программы технического перевооружения более 500 млн руб. для обеспечения имеющегося портфеля заказов и выхода на проектную мощность выпуска 1,8 ГВт турбинного оборудования в год. В феврале 2012 г. в рамках этой программы УТЗ приобрел высокопроизводительное металлообрабатывающее оборудование для производства турбинных лопаток – два 5-координатных обрабатывающих центра с ЧПУ модели MILL-800 SK с поворотным шпинделем (рис. 2) фирмы Chiron-Werke GmbH & Co KG (Германия). Специализированное программное обеспечение, поставляемое в комплекте с оборудованием, позволяет сократить машинное время до 20–30 % по сравнению с универсальными САМ-системами. Монтаж и наладка новых станков производилась специалистами фирмы Chiron. В рамках договора проведено тестирование телесервиса – удаленной диагностики станков, предотвращения или исправления ошибок и аварий. По защищенному выделенному каналу сервис-инженеры



Рис. 3



Chiron фиксируют работу оборудования в режиме онлайн и выдают рекомендации на производство УТЗ.

Турбинное оборудование, выпускаемое УТЗ, стабильно находит заказчиков даже в условиях жесткой конкуренции со стороны зарубежных производителей. В конце февраля 2012 г. Уральский турбинный завод изготовил новую паровую турбину мощностью 65 МВт для Барнаульской ТЭЦ-2 ОАО «Кузбассэнерго». Новая турбина Т-60/65-130-2М ст. номер 8 успешно прошла испытания на валоповоротном устройстве на сборочном стенде УТЗ. Протокол испытаний подписан представителями заказчика без замечаний. Новое оборудование устанавливается взамен отработавшей свой ресурс и выведенной из эксплуатации турбины Т-55-130, также произведенной на Уральском турбинном заводе. Следует отметить, что двухцилиндровая турбина Т-60/65-130-2М является серийной моделью производства ЗАО «УТЗ» – продолжением серийной линейки паровых турбин Т-55 и Т-50, хорошо зарекомендовавших себя за долгие годы эксплуатации на ТЭЦ России и СНГ. В новых турбинах применяются современные узлы и доработанные элементы, повышающие технико-экономические показатели турбоустановки (рис. 3). Аналогичную турбину УТЗ поставил для Абаканской ТЭЦ (Хакасия). Турбина будет основой нового энергоблока Абаканской ТЭЦ: с ее запуском общая мощность станции должна возрасти до 390 МВт. Ввод в эксплуатацию нового энергоблока позволит увеличить выработку электроэнергии на 700–900 млн кВт.ч в год и существенно повысить надежность энергоснабжения региона. Ввод установки планируется в конце следующего года. С турбиной комплектуются два подогревателя сетевой воды ПСГ-2300 и конденсаторная группа КГ-6200, а также турбогенератор ТВФ-125-2УЗ с водородным охлаждением производства НПО «ЭлСиб».

Недавно на сборочном стенде УТЗ прошли успешные испытания новой паровой одноцилиндровой турбины Т-50/60-8,8, изготовленной для Петропавловской ТЭЦ-2 (АО «СевКазЭнерго»). Новая турбина уральского производства должна заменить ранее работавшую двухци-

линдровую чешскую турбину Р-33-90/1,3 фирмы Skoda, она будет смонтирована на тот же фундамент. Проект на замену турбины подготовлен институтом АО «КазНИПИЭнергопром», с которым ЗАО «УТЗ» уже давно и плодотворно сотрудничает. Не ослабевают и давние связи с бывшими союзными республиками: так, в настоящий момент на стадии переговоров находится вопрос о поставке нескольких уральских турбин для ТЭЦ Казахстана.

### НПО «Сатурн»

НПО «Сатурн» – разработчик и производитель промышленного газотурбинного оборудования малой, средней и большой мощности для применения на теплоэлектростанциях, промышленных предприятиях и нефтегазовых месторождениях. Это одно из старейших промышленных предприятий России: в 1916 г. было принято решение о создании на основе государственного кредита пяти автомобиль-



Рис. 4

ных заводов, в том числе в г. Рыбинске (АО «Русский Рено»). В послереволюционные годы завод работал над разработкой и производством авиационных двигателей. В начале 1990-х гг. Рыбинский моторостроительный завод был преобразован в ОАО «Рыбинские моторы». В 2001 г. после его объединения с Рыбинским конструкторским бюро моторостроения (ОАО «А. Люлька-Сатурн») компания получила свое современное название и начала выпускать газовые турбины для энергетической и газовой отраслей. В линейке выпускаемой продукции прежде всего следует назвать промышлен-

ные газовые двухвальные турбины ГТД-6РМ и ГТД-8РМ, применяемые для привода электрогенераторов в составе газотурбинных агрегатов ГТА-6/8РМ, которые используются в газотурбинных теплоэлектростанциях средней мощности (от 6 до 64 МВт и выше). Также предприятие выпускает семейство унифицированных газовых турбин ГТД-4/6,3/10РМ для применения в составе газоперекачивающих агрегатов и теплоэлектростанций (от 4 МВт и выше). Для электростанций малой мощности (от 2,5 МВт и выше) выпускается установка ДО49Р – одновальная газовая турбина со встроенным соосным редуктором. Помимо «наземных» установок, предприятие изготавливает газовые турбины морского исполнения М75РУ, М70ФРУ, Е70/8РД, применяемые для привода электрогенераторов и газовых компрессоров в составе морских и приморских промышленных объектов малой и средней мощности (от 4 МВт и выше).

В 2003 г. были проведены межведомственные испытания установки ГТД-110 – первой российской газовой турбины мощностью более 100 МВт (рис. 4). ГТД-110 – это одновальная газовая турбина для применения в составе энергетических и парогазовых установок большой мощности (от 110 до 495 МВт и выше), созданная в рамках Федеральной целевой программы «Топливо и энергия» для нужд отечественной энергосистемы и являющаяся пока единственной российской разработкой в сфере газотурбинного машиностроения высокой мощности. В настоящее время пять ГТД-110 находятся в эксплуатации у Газпром-энергохолдинга (ГЭХ) и «Интер РАО». Однако, по словам специалистов «Интер РАО», в штатном режиме функционирует только новейшая установка, запущенная в начале марта. Остальные в данный момент работают неустойчиво и обслуживаются по гарантии завода-изготовителя.

По мнению директора по газотурбинным и энергетическим установкам НПО «Сатурн» Александра Иванова,





Рис. 5

как и в случае с любым новым высокотехнологичным изделием, это вполне естественный процесс, когда выявляются дефекты и предприятие активно работает над их устранением. В ходе технического обслуживания проверяются наиболее критические узлы, и при необходимости производитель заменяет детали за свой счет.

Недавно ОАО «Инжиниринговый центр «Газотурбинные технологии» (ОАО «НПО «Сатурн» совместно с ОАО «ИНТЕРРАО ЕЭС») выиграло конкурс ОАО «РОСНАНО» по созданию инжинирингового центра, который будет заниматься инновационными продуктами, в частности созданием ГТД-110М (рис. 5), модернизированного газотурбинного двигателя ГТД-110 мощностью 110 МВт. Фактически новый инжиниринговый центр будет доводить технические и экономические характеристики ГТД-110 до лучших мировых образцов в данном классе мощности; двигатель будет усовершенствован и доработан, планируется создание камеры сгорания, обеспечивающей допустимый уровень вредных выбросов  $\text{NO}_x$  50 мг/м<sup>3</sup>. Кроме того, в производстве двигателя планируется применение технологий наноструктурированных покрытий, что увеличит надежность горячей части турбины, повысит ресурс наиболее изнашиваемых частей и всего двигателя в целом. ГТД-110М станет основой для создания российских ПГУ большой мощности. Вся комплексная работа над проектом ГТД-110М рассчитана на 2–3 года.

### ОАО «Ленинградский металлический завод»

Ленинградский металлический завод – предприятие уникальное. Свою историю завод исчисляет с 1857 г., когда вышел именным Указ императора Александра II «Об учреждении Акционерной компании «Санкт-Петербургского металлического завода» на основании Устава». Производство паровых турбин здесь началось еще в 1907 г., гидравлических – в 1924-м, газовых – в 1956-м. К настоящему моменту на ЛМЗ из-

готовлено более 2700 паровых и свыше 780 гидравлических турбин. Сегодня это одно из крупнейших в России энергомашиностроительных предприятий, которое входит в состав ОАО «Силовые машины», осуществляющего проектирование, изготовление и сервисное обслуживание широкой линейки паровых и гидравлических турбин различной мощности. Из недавних разработок завода – газотурбинная установка ГТЭ-65 мощностью 65 МВт. Она представляет собой одновальный агрегат, предназначенный для привода турбогенератора и способный нести базовую, пиковую и пиковую нагрузку как автономно, так и в составе парогазового блока. Газотурбинная установка ГТЭ-65 может быть применена в различных типах парогазовых блоков для модернизации существующих и строительства новых электростанций конденсационного и теплофикационного типа. По ценовым и техническим характеристикам ГТЭ-65 как машина средней мощности отвечает возможностям и потребностям отечественных электростанций и энергосистем.

В начале 2000-х гг. ОАО «ЛМЗ» подписало с компанией Siemens договор на право производства и продажи в РФ и Белоруссии газотурбинной установки ГТЭ-160 мощностью 160 МВт (рис. 6). Прототипом установки является газовая турбина V94.2 фирмы Siemens, докумен-

тация которой изменена с учетом возможностей ОАО «ЛМЗ» и его партнеров. Именно такая турбина, произведенная на ОАО «Ленинградский металлический завод», в рамках контракта между ЗАО «КЭС» и ОАО «Силовые машины» прошедшим летом была доставлена на Пермскую ТЭЦ-9.

Сотрудничество с немецкими турбиностроителями продолжается. В декабре 2011 г. ОАО «Силовые машины» и компания Siemens подписали соглашение о создании в России совместного предприятия по производству и сервисному обслуживанию газовых турбин «Сименс Технологии Газовых Турбин». Этот проект осуществлен на базе ООО «Интертурбо», которое является совместным предприятием партнеров с 1991 г. Новая компания занимается научно-исследовательской разработкой новых газовых турбин, локализацией производства в России, сборкой, продажей, управлением проектами и сервисным обслуживанием газовых турбин большой мощности классов E и F мощностью от 168 до 292 МВт. Это направление деятельности «Сименс Технологии Газовых Турбин» увязано с требованием «Стратегии развития энергомашиностроения Российской Федерации на 2010–2020 годы и на перспективу до

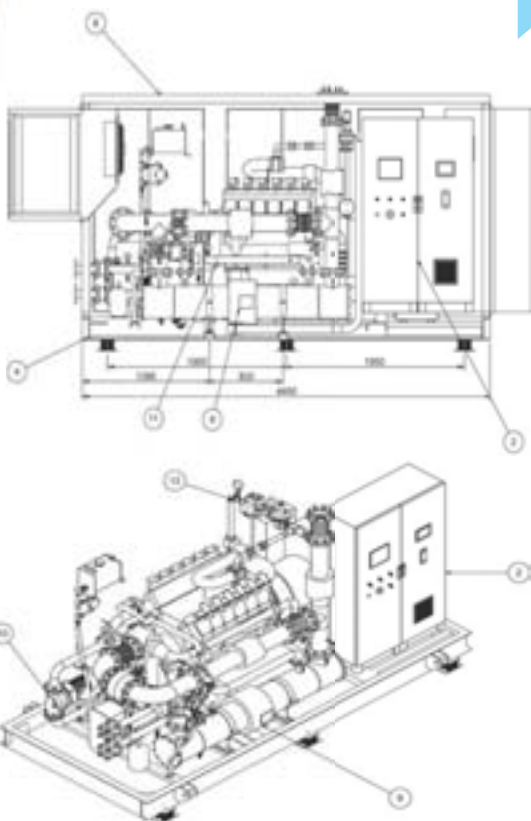


Рис. 6

2030 г.» организовать в ближайшее время на Ленинградском металлическом заводе крупномасштабное производство лицензионных ГТУ большой мощности (около 300 МВт) с переходом от ГТЭ-160 (V94.2) разработки Siemens 1980-х гг. к более современным газовым турбинам.



## Когенерационные установки природный газ, сжиженный газ, биогаз



**microSpark**  
COGENERATING

электрическая мощность 5-65кВт  
тепловая мощность 10-103кВт

**blueSpark**  
COGENERAZIONE

электрическая мощность 65-2000кВт  
тепловая мощность 119-2112кВт

**bioSpark**  
COGENERAZIONE BIOGAS

электрическая мощность 25-999кВт  
тепловая мощность 38-1044кВт



**Представительство компании SPARK ENERGY в России**  
**ООО "ЭнергоГазИнжиниринг"**

143400, МО, г. Красногорск, ул. Успенская, дом 3, офис 304, тел: +7 (495) 970-78-01,  
тел/факс: +7 (495) 980-61-77, [energogaz@energogaz.su](mailto:energogaz@energogaz.su), [www.energogaz.su](http://www.energogaz.su)



# Паровые моторы для газотурбинных и паросиловых мини-ТЭС

И. Трохин

*Эффективность газотурбинных и паросиловых теплоэлектростанций может быть повышена за счет внедрения современных паровых моторов. В данной статье предлагается аналитический обзор зарубежной практики с оценкой возможности развертывания производства паропоршневых двигателей в России.*

**В** русскоязычной технической литературе термин «паровой двигатель» традиционно употребляется для обозначения паровой машины и паровой турбины (ПТ). Англоязычный же термин *steam engine*, означающий в переводе «паровая машина» или «паровой двигатель», в зарубежной технической и деловой переписке употребляется также и для обозначения парового поршневого двигателя. Используется и более технически корректный для современных конструкций термин *steam motor*, в переводе с английского означающий «паровой мотор» (ПМ), т.е. паровой поршневой двигатель (машина) с однократным расширением пара в цилиндре и частотой вращения вала в приближенных пределах от 400 до 3000 об/мин. Отечественные паропоршневые двигатели (ППД) (*steam-piston engine* – *англ.*) являются ПМ с газодинамически-клапаным или золотниково-клапаным механизмами парораспределения и исключительно одностороннего давления пара (см. ПКМ 4/14 2012, статья «Мини-ТЭС на базе котельных с паропоршневыми двигателями»).

## Преимущества

Несколько лет назад американская авиационно-космическая компания XCOR Aerospace Inc. объявила солидную премию за создание высокоэффективной паровой машины. Чем же привлекателен сегодня этот тепловой двигатель и какие у него преимущества перед ПТ в стационарной энергетике?

В энергетических установках малой (до 1 МВт) и средней (1–10 МВт) мощности, которые очень часто называют мини-ТЭС (мини-ТЭС), ПМ как двигатель для привода электрогенератора или тех-

нологического оборудования (например, насоса или тягодутьевого вентилятора в котельной) по сравнению с ПТ при соизмеримых мощностях и параметрах пара характеризуется следующими положительными качествами:

- широким динамическим диапазоном регулирования мощности (*turndown ratio* – *англ.*), т.е. отношением верхнего предела диапазона регулирования мощности к нижнему, в рамках которого двигатель работает с приемлемым по эффективности расходом пара;
- практической нечувствительностью к качеству пара (работа на влажном паре);
- возможностью прямого привода электрогенератора или технологического оборудования без промежуточных механических передач;
- высокой эксплуатационной надежностью и потребностью в наличии минимально необходимой технической инфраструктуры для обслуживания;
- способностью некоторых конструкций (например, американские двигатели Cyclone) работать без смазочного масла, используя для этих целей воду (*water lubrication* – *англ.*; не путать с технологией «oil-free» *steam engine*, что значит «безмасляная паровая машина», производства компании Spilling Energie Systeme GmbH (Германия), под которой подразумевается работа двигателя с системой смазки, исключающей попадание масла в пар).

Цена зарубежных ПМ выше, чем отечественного паротурбинного энергетического оборудования. Однако на фоне перечисленных выше достоинств таких моторов и ряда рассмотренных ниже вполне успешных проектов их применения этот экономический характер недостатка с точки зрения капитальных

затрат эффективно компенсируется при эксплуатации и принципиально может быть устранен для российских ППД.

В отношении удельного расхода пара можно отметить большую в сравнении с ПТ энергетическую эффективность ПМ. Здесь уместно провести следующую аналогию принципа действия для паровых и газовых двигателей, «заменяя» водяной пар как рабочее тело на высокотемпературную газовую смесь, т.е. рассмотрев их при большем термическом КПД термодинамического цикла. У специалистов, как правило, не возникает возражений по поводу того, что при малой мощности газопоршневые двигатели по сравнению с газотурбинными имеют ориентировочно раза в два больший КПД и, следовательно, меньший расход газа на единицу эффективной мощности при прочих равных и даже не совсем равных в пользу газовых турбин условиях. Та же ситуация с паровыми моторами и турбинами, особенно, если речь идет о мини-энергоустановках. Возможно, для случая с паровыми двигателями еще велика определенная инерция мышления в сторону турбинной техники. Общеизвестно, что паровая машина имеет низкую эффективность. Это обстоятельство нашло отражение в выражении «КПД как у паровоза», т.е. около 5 %, часто высказываемое по поводу энергетически неэффективной техники. Но паровая машина как устройство с далекой от высоких технологий системой управления осталась в прошлом. Современные ПМ оснащаются системами автоматического управления, контроля и защиты на базе компьютерных аппаратно-программных средств, подобных аналогичным в соответствующих системах для паровых турбин малой и средней мощности. Это обеспечивает возможность продолжительной



работы паромоторных электроагрегатов с минимальным вмешательством небольшого эксплуатационного персонала.

### Технологии и проекты

Изложенные выше особенности ПМ позволили им занять определенную нишу на рынке энергетического оборудования для малой энергетики, правда, пока только за рубежом. Рассмотрим некоторые проекты и энергетические технологии с использованием современных ПМ.

**Использование сбросной теплоты.** В ряде промышленных технологических установок, в газотурбинных электростанциях (ГТЭ) и электростанциях с дизельными и газодизельными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) первичная сбросная теплота часто отводится вместе с потоком отработавших газов в атмосферу без вторичного ее использования. Полезная утилизация этой теплоты повышает экономичность рабочего процесса таких установок, например ГТЭ (рис. 1). При этом сбросная теплота используется в паровых котлах-утилизаторах для обеспечения производства пара, необходимого для последующей реализации паросилового цикла работы ПМ.

На рис. 1: КС – камера сгорания ГТЭ, Г – отработавшие газы, 1 – газовая турбина, 2, 4 – электрогенераторы, 3 – распределительное устройство, 5 – паровой мотор, 6 – паровой котел-утилизатор, 7 – конденсатор пара, пароводяной теплообменник-бойлер для нагрева воды, паровая абсорбционная холодильная установка (варианты), 8 – конденсатный насос, 9 – водоподогреватель. Контур снабжения котла 6 подпиточной водой и другие вспомогательные системы на рис. 1 условно не показаны.

Паровые машины традиционных конструкций работали в среднем с КПД 10–15 %, что, конечно, меньше, чем у мощных паровых турбин. Однако если речь идет об утилизации сбросной теплоты в основном энергетическом или промышленном технологическом цикле, подобный прирост КПД установки весьма существенен. Это особенно относится к ГТЭ, у которых отработавшие газы сбрасываются в атмосферу при очень высоких температурах и актуальна задача повышения общего КПД такой энергетической системы. Тандем «ГТЭ – паромоторный

энергоблок» является наглядным примером реновации (грамотного возрождения) паропоршневых технологий, когда преодолеваются традиционные убеждения. По данным Майкла Мюллера из Центра передовых энергетических систем Рутгерского университета США, такие тепловые схемы ГТЭ прорабатываются даже с использованием прикладного программного обеспечения, например, GateCycle™ Plant Design and Simulation Software компании General Electric Energy Company (Великобритания).

В промышленных установках некоторые технологические процессы (например, охлаждение стекла) тоже осуществляются с выделением теплоты. Так, паровые моторы Spilling производства Spillingwerk GmbH (Германия) успешно эксплуатируются в Германии на Оберландской фабрике по производству стекла. Теплота первичных выхлопных газов от стекловаренных печей используется для подогрева воздуха, подаваемого в топку этих печей. При охлаждении горячего стекла происходит сброс вторичной теплоты в атмосферу, которая перед этим тоже полезно утилизируется как раз для получения перегретого пара давлением 2 МПа и  $t$  300 °С. При расходе пара 5,5 т/ч мотор Spilling имеет мощность 500 кВт на валу.

**Паромоторный привод.** Цена электроэнергии от сетей централизованных поставщиков довольно высока и постоянно растет. Один из путей решения этой проблемы для потребителей состоит в применении паромоторного привода вместо электрического для технологического оборудования. Мотивом для возвращения к такому приводу является и сложившаяся за последние годы в централизованных энергосистемах тенденция к перебоям с поставками электроэнергии потребителям. Технологические установки с приводом от ПМ могут продолжать работу без электроснабжения или, по крайней мере, безопасно ее завершить.

Турбинный привод для этой цели является более компактным, но ПМ могут решить эту проблему для потребителя при меньших капитальных вложениях и сроках окупаемости, а расход пара при

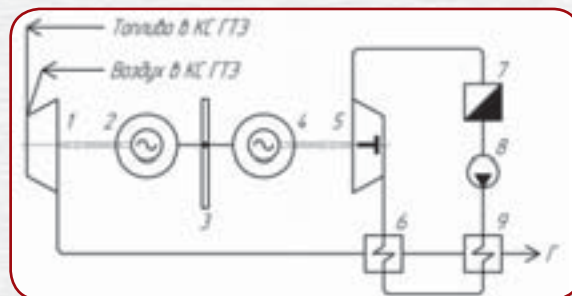


Рис. 1. Тепловая принципиальная схема ГТЭ с надстройкой паромоторным энергоблоком

эксплуатации последних будет меньше. Например, в промышленных и отопительных паровых котельных, паросиловых мини-ТЭЦ и установках, где пар используется для выполнения основных технологических процессов (химических, сушки древесины и др.), паромоторный привод насосов, дымососов и компрессоров может быть особенно эффективен. Так, в 2003 г. компания Armstrong International Inc. запатентовала как изобретения (US 6,599,096 и 6,602,056) новые конструкции паропроводных насосов «паровые ящерицы» (steam lizards – англ.).

**Паросиловые мини-ТЭЦ.** На рис. 2 показана принципиальная тепловая

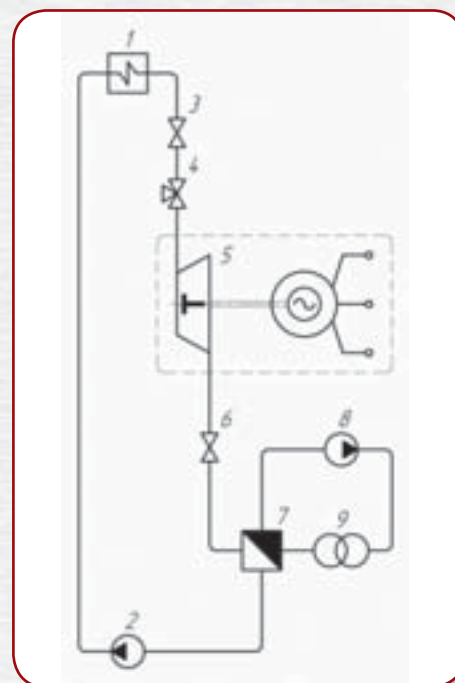


Рис. 2. Тепловая принципиальная схема паропоршневой мини-ТЭЦ на базе котельной



схема включения ПМ в паровой котельной для перевода последней в режим мини-ТЭЦ с собственным электрообеспечением. В зависимости от мощности такой котельной для производства 100 % тепловой энергии требуется 1,7–5 % электрической. Разрешенное органами Ростехнадзора давление пара (здесь и далее – абсолютное) в котле 1 часто не превышает 0,7–1 МПа. В пароводяной бойлер 7 для обеспечения нагрева воды на нужды коммунально-бытовых потребителей 9 поступает редуцированный пар давлением не более 0,2 МПа. Технологическим потребителям, как правило, поступает пар под давлением не более 0,5–0,7 МПа. Паромоторный электроагрегат 5 через запорную 3, 6 и регулировочную 4 арматуру включается как альтернатива или параллельно штатному редукционному устройству. В этом случае при дросселировании пара мотор совершает работу по приводу генератора. Циркуляция воды в системе отопления и ГВС обеспечивается насосом 8. Конденсат отработавшего в моторе пара посредством насоса 2 подается обратно в котлоагрегат.

Паровые моторы, как более надежные и простые в эксплуатации, вполне конкурируют с паротурбинами, имея мощности даже в 10–18 раз меньше. Это видно, например, из табл. 1. При близких с ПТ мощностях экономичность работы ПМ увеличивается, так как конструкции становятся более совершенными и потери энергии относительно снижаются (по аналогии с ДВС). Небезынтересны и данные по некоторым электроагрегатам с ПМ Spilling (табл. 2) ранних выпусков (патент на изобретение DE 972 093), которые можно встретить на рынке конкурентоспособного энергетического оборудования для мини-ТЭЦ и тригенерации,

а также – по современным маломощным электроагрегатам с ПМ марки PM-VS (патент на изобретение CZ 286 918) чешской компании PolyComp a.s. (рис. 3) при расходе насыщенного пара 2 т/ч. Системы смазки моторов Spilling и PM-VS устроены таким образом, что исключается практическая возможность попадания смазочного масла в пар.

Компания Eco Link Power Ltd. (Великобритания) комплектует паромоторными электроагрегатами Spilling единичной мощностью от 120 до 1200 кВт модульные когенерационные и тригенерационные энергетические установки AES, которые работают на биомассе и являются высококачественным и недорогим в обслуживании оборудованием мирового класса. Рабочее давление свежего пара – от 0,6 до 6 МПа.

Шведские разработчики и производители энергетических установок Ranotor обещали достичь на них КПД вплоть до 35 %. Для сравнения: по данным члена-корреспондента РАН А.Ф. Дьякова, озвученным на Всемирном электротехническом конгрессе «ВЭЛК-2011», КПД работающих в России паротурбинных ТЭС равен 36,6 %. Установка Ranotor содержит два ПМ и два аккумулятора пара, что позволяет увеличить время ее работы в случаях временного останова котлоагрегата или одного из мотор-генераторов. Также могут применяться блок-модули с абсорбционными холодильными установками (паровыми чиллерами) и тепловыми насосами.

В автомобильной промышленности за рубежом появляется множество новых оригинальных конструкций современных

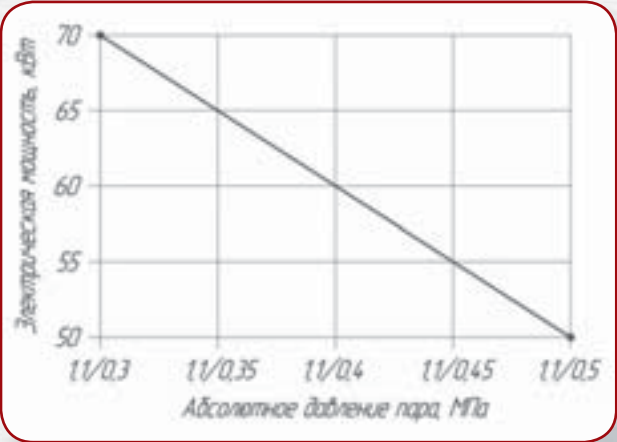


Рис. 3. Оценочный график нагрузки агрегата с мотором PM-VS при расходе насыщенного пара 2 т/ч

паровых машин, и их принципиально возможно перестроить для применения в стационарной малой энергетике. Яркий пример – моторы ZEE03 (в переводе означает «двигатель с нулевым выхлопом»), разработанные еще в начале 2000-х гг. германской компанией IAV GmbH и изначально предназначавшиеся для работы на ТЭЦ, поскольку хорошо подходили в качестве первичных двигателей.

Паросиловые мини-КЭС. Интересны перспективы одного из американских ПМ, пригодного для работы на мини-ТЭС конденсационного цикла. Компания Cyclone Power Technologies Inc. (США) в 2009 г. получила российский патент (RU 2 357 091) с приоритетом от 2005 г. на свой «двигатель с регенерацией тепла» (heat regenerative engine – англ.). По данным зарубежного сайта Product Design and Development (www.pddnet.com) от 19 октября 2009 г., эта компания получила много информационных запросов по поводу их высокоэффективной современной паровой машины как от российских компаний, так и восточно-европейских специалистов.

Таблица 1. Сравнительные характеристики паровых электроагрегатов

Тип, марка и разработчик парового электроагрегата	Р, кВт	n, об/мин	Давление пара, МПа		t <sub>1</sub> , °C	d, кг/(кВт·ч)
			p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>		
С мотором Spilling 1BV7, Spillingwerk GmbH (Германия)	24	1500	0,9	0,12	t <sub>s</sub>	23,3
С винтовой турбиной ПВМ-250-ЭГ, ЗАО «Малая независимая энергетика»	250	1500	1,4–0,9	0,45–0,1	t <sub>s</sub>	24–36
С лопаточной турбиной серии Р, ООО «Ютрон — Паровые турбины»	450	3000	1,4	0,2	250	23,3

Примечания: Р – электрическая мощность агрегата, n – частота вращения вала двигателя, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> – абсолютное давление пара на входе и выходе двигателя, t<sub>1</sub>, t<sub>s</sub> – температура пара на входе в двигатель и насыщенного пара, d – удельный расход пара на производство электроэнергии, привод генератора – прямой, за исключением агрегата с винтовой турбиной, где значение n обеспечивается встроенным редуктором; для агрегата с лопаточной турбиной параметры Р и d определены с учетом КПД синхронного генератора, равного 0,9.



Таблица 2. Показатели электроагрегатов с паровыми моторами Spilling для мини-ТЭЦ

Наименование, единица измерения	Значение		
Активная электрическая мощность, кВт	330	700	1000
Параметры перегретого пара на входе мотора: абсолютное давление, МПа температура, °C	2,8 375	2,6 370	3,0 370
Абсолютное давление пара на выходе мотора, МПа	0,15	0,2	0,2
Удельный расход пара на выработку электроэнергии, кг/(кВт·ч)	9,1	14,3	10
Частота вращения вала мотора и генератора, об/мин	–	1 000	1 000
Число цилиндров мотора	2	4	6
Год изготовления мотора	1996	1992	1992
Полная электрическая мощность синхронного генератора, кВА	410	–	1200
Коэффициент мощности генератора (cos φ)	0,8	–	0,83
Цена электроагрегата без учета доставки и монтажа, тыс. евро	129,5	–	–

Примечание. По данным компании Thorsten Muschler GmbH (16.07.2011 г.).

Тепловой регенеративный поршневой двигатель внешнего сгорания Cyclone может работать фактически на любом жидком или газообразном топливе (в США он испытывался даже на апельсиновой кожуре), включая сжиженный природный газ. Головная американская компания Cyclone Technologies LLLP получила аналогичный патент США (US 7,080,512) на этот двигатель в 2006 г., два года спустя – отдельно на камеру сгорания парогенератора, а позже – на весьма компактный конденсатор отработавшего пара. Патенты-аналоги по отношению к этому патенту США выданы в Корее, Китае, Южной Африке, Австралии и других странах. В рассмотрении находятся многочисленные

патентные заявки в США на прочие составляющие узлы двигателя «Циклон».

Достигнутый на испытаниях в начале 2012 г. КПД единого котло-двигатель-конденсаторного агрегата «Циклон» при мощности всего 73,6 кВт составил 31,5 % при давлении свежего водяного пара 22 МПа и t 650 °С. Выхлоп пара осуществлялся в конденсатор. К слову, КПД гораздо более мощных паротурбинных ТЭС равен 33–42 % при соизмеримых параметрах свежего пара.

### Зарубежные или отечественные?

В заключении целесообразно отметить о перспективах отечественных ППД, которые разрабатываются специалистами

объединенной научной группы «Промтеплоэнергетика» МАИ, ВИЭСХ Россельхозакадемии, МЭИ, Московского института энергобезопасности и энергосбережения и Королевского колледжа космического машиностроения и технологии. Они, в частности, могут составить альтернативу ПМ Spilling и PM-VS по ряду причин:

- ППД проектируются на базе серийных отечественных ДВС и имеют гораздо более низкую стоимость, чем зарубежные ПМ Spilling, а также меньшие габаритные размеры в длину и высоту. Последнее качество будет особенно заметно, если в качестве базового для конверсии использовать ДВС с V-образным расположением цилиндров, а не с рядным, как у ПМ Spilling и PM-VS.

- Для электроагрегатов с ППД в отличие от зарубежных ПМ разработчики предусматривают возможность работы в режиме самостабилизации частоты вращения вала поршневого двигателя по методу В.С. Дубинина и, соответственно, вала ротора электрогенератора с целью выработки электроэнергии с частотой 50±0,2 Гц, т.е. по ГОСТ 13109–97 и его заменяющему с 1 января 2013 г. ГОСТ Р 54149–2010 на «сетевую» электроэнергию. И это – автономно от централизованных электроэнергетических систем без применения дорогих силовых электронных выпрямительно-инверторных каскадов.



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

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

**Мы предлагаем следующие услуги:**

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



**Поставляемое оборудование:**

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



Реклама



## Новости когенерации

### Сервис на 100 млн евро

ОАО «Мосэнерго» и сектор теплоэнергетики международного концерна Alstom заключили контракт на сервисное обслуживание ПГУ-420 энергоблока № 8 на ТЭЦ-26 (Москва), переданного в эксплуатацию ОАО «Мосэнерго» в июне 2011 г. Стоимость контракта оценивается в сумму более 100 млн евро. Впервые в истории российской электроэнергетики столь масштабный объем сервисных работ поручен международному концерну. Данное соглашение сроком на 14 лет предусматривает весь комплекс сервисных услуг, включая ежедневное обслуживание ПГУ и поставку запасных частей. Контракт распространяется на все



оборудование, поставленное Alstom на данный блок, включая газовую турбину GT26, паровую турбину, два генератора воздушного охлаждения и дополнительно на котел-утилизатор.

При вступлении в силу договора на строительство ПГУ-420 в 2007 г. Alstom стала первой иностранной компанией, привлеченной российским заказчиком в качестве генподрядчика для строительства теплоэлектростанции в России по модели ЕРС. В том же 2007 г. Alstom подписала и сервисный контракт на обслуживание своей газовой турбины, в настоящее время расширенный на оборудование всего энергоблока.

## Газотурбины Rolls-Royce – российскому производителю

На площадке газохимического комплекса ОАО «Ставролен» (г. Буденновск, Ставропольский край), ведущего российского предприятия по производству полиэтиленовой крупы евро-стандарта, будет построена ГТЭС комбинированного цикла на базе двух газотурбин Trent 60 мощностью по 58,5 МВт производства компании Rolls-Royce. В состав теплоэлектростанции войдут также два паровых котла-утилизатора и одна паровая турбина. Вырабатываемая электроэнергия будет использоваться для нужд предприятия, а ее излишки продаваться в энергосистему Ставрополя. В электростанции предусмотрен также отбор пара высокого давления, который планируется использовать для технологических нужд установки по произ-

водству полиэтилена. Газотурбинные установки Trent 60 изготавливают на предприятиях Rolls-Royce в городах Маунт-Вернон и Монреаль (Канада). Оборудование будет поставлено в конце текущего года, ввод в эксплуатацию запланирован на 2014 г.



## Новая ГТЭС в «Пулково»

На площадке аэропорта «Пулково» (Санкт-Петербург) будет построена новая теплоэлектростанция на базе двух газотурбинных установок Siemens SGT-100 и котлов-утилизаторов производства ЗАО «ОРМА». Для работы в режиме тригенерации будут поставлены абсорбционные чиллеры производства Shuangliang (Китай), также будут установлены два парокompрессионных чиллера производства Geoclima (Италия). Общая мощность холодноснабжения энергоцентра составит 19 МВт. В пиковом режиме тепловую энергию будут вырабатывать три водогрейных котла

Viessmann суммарной мощностью 22 МВт. Все оборудование будет поставлено в конце текущего года, ввод ГТЭС в эксплуатацию запланирован на 2013 г.





## Kawasaki: теперь и в России

Дальневосточная энергетическая управляющая компания (ДВЭУК) в рамках второго пускового комплекса ввела в эксплуатацию три газотурбинные установки GPB70 на мини-ТЭЦ «Центральная» (остров Русский, Приморский край). Это первый энергообъект в России, где применяются ГТУ производства концерна Kawasaki (Япония). Энергоблоки работают в двухтопливном режиме (газ/дизтопливо); единичная электрическая мощность при работе на газе составляет 6,6 МВт, на дизтопливе – 5,8 МВт. В составе каждого энергоблока применен котел-утилизатор Rosink ECO-SPI-5,5 мощностью 10,68 МВт (поставщик Euroasiatic Machinery, Сингапур). Для выработки дополнительной тепловой энергии смонтированы 6 пиковых водогрейных котлов ТТ 100 мощностью по 15 МВт производства ООО «Энтророс» с двухтопливными горелками GKP-1600 ME производства Oilon (Финляндия), работающими также на газе/дизтопливе. Резервное электроснабжение потребителей первой

категории и работу котельной обеспечивают две контейнерные ДЭС GMC1400 производства ЗАО «ГрандМоторс» мощностью по 1 МВт.

Газотурбинные установки размещены в легкосборном здании, каждый энергоблок имеет звукоизолированное укрытие. В когенерационном режиме общий КПД достигает 80 %. Мини-ТЭЦ «Центральная» обеспечивает электроэнергией и теплом потребителей центральной части застройки острова Русский (35 МВт, 123,3 Гкал/ч). Станция является узловым источником



## ТЭЦ – преемница ГОЭЛРО

Завершаются испытания парогазовой установки мощностью 450 МВт, введенной Правобережной ТЭЦ ОАО «ТГК-1» (Санкт-Петербург), которая является преемницей первой тепловой электростанции, построенной по плану ГОЭЛРО, – ТЭЦ «Красный Октябрь». 8 октября 2012 г. этому легендарному объекту исполнилось 90 лет. Известная по проектной документации как «Уткина Заводь», ТЭЦ начала строиться еще в 1910-х гг.; первая турбина была пущена в 1922 г., а в 1927 г. станцию переименовали в ТЭЦ «Красный Октябрь». ТЭЦ продолжала бесперебойно работать в течение нескольких десятков лет, в том числе и в годы блокады Ленинграда, с 1941 по 1943 г. В период с 1960 по 1968 г. на ТЭЦ проводилась поэтапная реконструкция и модернизация оборудования с увеличением теплофикационных мощностей и переводом котлов на сжигание газомазутного топлива вместо торфа. В конце 1970-х гг. была построена отдельно стоящая водогрейная котельная, и ТЭЦ превратилась в основной источник теплообеспечения и горячего водоснабжения для жителей юго-востока Ленинграда. Современная история Правобережной ТЭЦ началась в конце 1980-х гг., когда было принято решение реконструировать станцию. В 2006 г. был пущен новый паросиловой энергоблок, а в 2007 г. на базе парогазовой установки электрической мощностью 450 МВт и тепловой 350 Гкал/ч на станции стартовало строительство второго энергоблока. Это позволило 20 мая 2010 г. закрыть ТЭЦ «Красный Октябрь». Первенец плана ГОЭЛРО стал первым проектом в России по выводу из эксплуатации не отдельного оборудования, а станции в целом. В настоящий момент электрическая мощность станции составляет 180 МВт, тепловая мощность – 1120 Гкал/ч. ТЭЦ обеспечивает тепловой энергией промышленные предприятия, жилые и общественные здания Невского и Красногвардейского районов Санкт-Петербурга с населением около 700 тыс. чел.

ЗАО "ЦРММ Коммуэнерго"

ТЕРМОРЕССИВЕРЫ



ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ  
для сушки опила (ТГД)



КОТЛЫ ТИПА КВС  
(уголь, древесина)



КОТЛЫ ТИПА КВ-ВЛ  
(опил, фрезерный торф, дрова)



КОТЛЫ ВОДОГРЕЙНЫЕ  
ТИПА КВСн (опил, торф, дрова)



ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ  
для сушки пиломатериалов  
(опил, торф, дрова)



**а также:**  
 - камеры сушильные;  
 - термомасляные котлы;  
 - металлоконструкции любой сложности.

ПРОИЗВОДСТВО КОТЛОВ, ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ, ВНЕКРЫШНЫХ ТИПОВ, РАБОТАЮЩИХ  
 НА ОТХОДАХ ДЕРЕВООБРАБОТКИ (ОПИЛ, СТРУЖКА, ШЕПА),  
 ФРЕЗЕРНОМ ТОРФЕ, УГЛЕ, ДРОВАХ;  
 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ, СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

610035, г. Киров, Солнечный проезд, 4, 610035, а/я 681, телефон: 8(8332)50-16-60,  
 факс: 8(8332)50-30-70, [www.kommun.ru](http://www.kommun.ru), [kommun@mail.ru](mailto:kommun@mail.ru)



# Обзор водогрейных водотрубных котлов

Сегодня на российском рынке отопительной техники сегмент стальных водогрейных водотрубных котлов представлен оборудованием как традиционных отечественных производителей, так и ряда зарубежных фирм. Теплопроизводительность таких котлов варьируется в пределах от 0,4 до 80 МВт в зависимости от модели и исполнения, экономическая эффективность сжигания топлива (КПД) у современных моделей достигает 92–95 %.



Водогрейные водотрубные котлы используются для получения горячей воды, применяемой в системах отопления, вентиляции и ГВС промышленного и бытового назначения, а также перегретой воды для технологических нужд предприятий промышленности. В качестве топлива большинство представленных на рынке котлов использует газ и дизель, в то же время значительная часть работающих котлоагрегатов работает на древесном топливе, угле и торфе. Эти твердотопливные котлы разрабатывались еще в 60–70 гг. прошлого века и в настоящее время требуют либо списания, либо глубокой модернизации. Но усовершенствованные водогрейные котлы, которые сегодня выпускаются на их основе, по эффективности сжигания топлива вполне конкурентоспособны с жаротрубными водогрейными котлами импортного производства, и к тому же имеют неплохие перспективы в нише биоэнергетики. Там, где дело касается утилизации древесных отходов, сельскохозяйственной биомассы (лузга подсолнуха, жмых, ботва, навоз и др.), отходов пищевой промышленности (свекловичный жом, отруби, отходы пивоваренного дела, стержни кукурузных початков и пр.), и при этом нужен недорогой котел с высоким КПД, российские твердотопливные агрегаты сред-

ней мощности оказываются весьма востребованы.

Водогрейные котлы средней мощности обычно поставляются в блочном виде, что удобно для транспортировки и монтажа, котлы большой мощности (40 МВт и выше) – в разобранном виде, и затем собираются на подготовленной площадке котельной. По желанию заказчика водогрейные котлы могут комплектоваться горелочными

устройствами как отечественных, так и зарубежных производителей. Последним в настоящее время предпочтение отдается все чаще. Намечился устойчивый тренд по модернизации крупных котлоагрегатов: при сохранении основного блока котла, заменяются горелки на импортные аналоги, устанавливаются современные средства автоматики и управления, перестраиваются системы отвода продуктов сгорания для возможности утилизировать тепло выбросов (это могут быть теплообменники системы отопления, теплообменники отбора пара/горячей воды для технологических нужд, турбины, вырабатывающие электроэнергию).

## Bay Boiler (Германия)

Водотрубный водогрейный котел производства Bay Boiler Company используется в тех случаях, когда в технологии предприятия требуется высокое рабочее давление или высокая рабочая температура: допустимая  $t$  прямого потока может достигать 300 °С, а максимальное давление – 25 бар (по запросу возможно изготовление котла с более высоким давлением). В качестве топлива для водотрубных котлов Bay Boiler могут применяться традиционные газовое и дизельное топливо (мазутное), а также разновидности биомасс (уголь, древеси-

на, скорлупа зерен кофе, какао, рисовая шелуха и семечная скорлупа).

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

Предприятие выпускает стальные горизонтальные водогрейные котлы водотрубного типа КВ-ГМ-4,65 и КВ-ГМ-7,56 с прямым движением дымовых газов, предназначенные для получения горячей воды номинальной  $t$  до 115 °С, используемой в системах отопления и ГВС жилых, общественных и производственных зданий. Номинальная теплопроизводительность составляет соответственно 4,65 (4,0) и 7,56 (6,5) МВт,  $t$  воды на входе в котел – 70 °С,  $t$  на выходе – 95/115 °С. Рабочее давление воды при графике 70/95 °С не должно превышать 7 бар, при графике 70/115 °С – 9 бар. Котлы «Белогорье» работают на газе и легком жидком топливе; КПД котлов в режиме 70/115 °С при работе на газе составляет примерно 93 %, при работе на жидком топливе – около 92 %.

## ОАО «Бийский котельный завод» (г. Бийск, Алтайский край)

Ассортимент продукции, выпускаемой Бийским котельным заводом, включает





несколько серий водогрейных водотрубных котлов. Для работы на каменном и буром угле выпускаются серии КВЕ (КВр-0,7К) мощностью 0,7 МВт, Гефест (КВр, КВм) мощностью 0,4–3,5 МВт, КЕВ (КВ-Р) 1,74–17,4 МВт, КВм 0,6–3,0 МВт, Титан (КВр, КВм) 0,6–1,4 МВт и серия КВ-ТС, КВ-ТСВ (КВ-Р) 4,65–23,26 МВт. Двухбарабанный вертикально-водотрубный котел серии КВЕ-115Р (КВр) с экранированной топочной камерой и конвективным пучком, перпендикулярно расположенным за топочной камерой, разработан на базе паровых котлов Е-1,0-0,9Р. Котел предназначен для нагревания воды, находящейся под давлением выше атмосферного, до  $t$  не более 115 °С. Водотрубные котлы серии Гефест (КВм, КВр) горизонтальной компоновки предназначены для получения горячей воды с номинальной  $t$  на выходе 95 °С. Двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы серии КЕВ (КВ-Р) с экранированной топочной камерой и конвективным пучком разработаны на базе паровых котлов КЕ. Данные котлы предназначены для получения горячей воды давлением до 13 бар с  $t$  до 115 °С. Водотрубные котлы серии КВм горизонтальной компоновки работают с принудительной циркуляцией при давлении до 6 бар и  $t$  воды на выходе 95 °С. Водотрубные котлы серии Титан (КВм, КВр) горизонтальной компоновки предназначены для получения горячей воды с номинальной  $t$  на выходе 95 °С, а водотрубные котлы серии КВ-ТС, КВ-ТСВ (КВ-Р) производительностью до 23,26 МВт – с  $t$  150 °С.

Для работы на природном, сжиженном газе/мазуте БКЗ выпускает двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы серий КВЕ (КВ) мощностью 0,7 МВт, ДЕВ-1,4-95-115ГМ (КВ-1,6ГМ) мощностью 1,6 МВт и ДЕВ (КВ-ГМ) мощностью 2,9–17,4 МВт, водотрубные котлы горизонтальной компоновки серии КВ-ГМ мощностью 2,9–17,4 МВт и водотрубные котлы башенной компоновки ПТВМ (КВ-ГМ) мощностью 58,2 МВт. Котлы серии КВЕ (КВ), предназначенные для нагревания воды, находящейся под давлением выше атмосферного, до  $t$  не более 115 °С, разработаны на базе паровых котлов Е-1,0-0,9ГМ. Котлы серии ДЕВ-1,4-95-115ГМ (КВ-1,6ГМ) с естественной циркуляцией разработаны на базе паровых котлов

серии ДЕ. Котлы серии ДЕВ(КВ-ГМ), предназначенные для получения горячей воды давлением до 13 бар с  $t$  до 150 °С, разработаны на базе паровых котлов серии ДЕ-ГМ. Котлы серий КВ-ГМ (КВ-ГМ) и ПТВМ (КВ-ГМ) с принудительной циркуляцией вырабатывают горячую воду с номинальной  $t$  на выходе 150 °С.

Также БКЗ выпускает водогрейные котлы для работы на древесных отходах. Это серия Гефест (КВм) мощностью 1,2, 1,8 и 2,5 МВт и серия КЕВ (КВ-Д) мощностью 1,74, 2,8 и 4,65 МВт. Водотрубные котлы горизонтальной компоновки Гефест (КВм) с принудительной циркуляцией вырабатывают горячую воду с номинальной  $t$  на выходе 95 °С. Двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы серии КЕВ (КВ-Д), предназначенные для получения горячей воды давлением до 13 бар с  $t$  до 115 °С, разработаны на базе паровых котлов серии КЕ-О. Все котлы БКЗ поставляются одним или двумя транспортабельными блоками (блок котла в обшивке и изоляции; механическая топка) в комплекте с дутьевыми вентиляторами, КИП, арматурой и гарнитурой в пределах котла, лестницами и площадками.

### Вонo Energia (Италия)

Компания Вонo Energia выпускает водогрейные водотрубные котлы серии СТН для производства перегретой воды, работающие на натуральном газе и жидком топливе. Котлы Вонo Energia имеют проектную тепловую мощность от 5 до 80 МВт, при максимальной  $t$  воды на выходе до 260 °С и давлении до 65 бар, предназначены для применения в центральном районном отоплении и промышленных технологиях, где нужна вода с  $t$  ниже 120 °С и быстрое реагирование на изменение нагрузки. Для отопительных котельных предлагаются различные варианты производства перегретой воды: котел-нагреватель термического масла + водяной теплообменник (мощность до 40 МВт); котел-утилизатор уходящих газов газотурбин и ДВС (до 40 МВт); водотрубный котел + теплообменник (до 80 МВт).

Котлы мощностью до 40 МВт поставляются в блочной модификации, агрегаты мощностью до 80 МВт – в развернутой модификации, требующей сборки на месте. Благодаря многотрубной и очень ком-



пактной конструкции, водогрейные котлы СТН легко поддаются установке и обладают термическим КПД более чем 94 %. Температура перегрева внешних стенок котла над окружающей средой не превышает 20–30 °С. В водогрейных котлах СТН предусмотрен полный доступ для чистки и обслуживания через специальные люки для осмотра, позволяющие полностью обследовать внутреннюю часть.

### ОАО «ВОЛЬФ Энерджи Солюшен» (г. Сафоново, Смоленская обл.)

В ассортименте котельного оборудования «ВОЛЬФ Энерджи Солюшен» водогрейные водотрубные котлы представлены сериями Eurotherm и Novotherm, разработанными в тесном сотрудничестве со специалистами концерна WOLF GmbH (Германия). Водогрейные газомазутные котлы серии Eurotherm поставляются в 8-ми типоразмерах номинальной мощностью от 1,1 до 58,2 МВт и в двух модификациях – на 115 и 150 °С. Модификация с номинальной  $t$  115 °С предназначена для систем отопления и ГВС, модификация с  $t$  150 °С – для получения перегретой воды в технологических целях. Котлы Eurotherm выполнены в газоплотном исполнении, имеют горизонтальную компоновку, поддерживают рабочее давление 16 бар. Ра-





ботая на природном газе, легком жидком топливе, нефти/мазуте (в зависимости от типа горелочного устройства), они выдают КПД не менее 92 %.

Серия Novotherm включает 4 модели – 35–150 (номинальной мощностью 35 МВт), 58–150 (мощностью 58,2 МВт), 116–150 (116 МВт) и 140–150 (139,6 МВт), предназначенные для получения воды с номинальной  $t$  150 °С (котельные муниципального, промышленного назначения, а также ТЭЦ). Водотрубные котлы серии Novotherm выдерживают давление до 25 бар, работая на природном газе, легком жидком топливе, нефти/мазуте (в зависимости от типа горелочного устройства), они выдают КПД от 92 до 95 %.

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

ПГ «Генерация» предлагает несколько серий водогрейных котлов. Серия КВГМ включает полностью автоматизированные модели КВГМ-1,1 (мощностью 1,1 МВт) и КВГМ-2,5 (мощностью 2,5 МВт), работающие на газе или мазуте. Тип котлов – водотрубный горизонтальный с принудительной циркуляцией, с однокходовым движением газов. Котлы работают в температурном режиме воды на входе/выходе 70/95 °С, выдерживают давление 6 бар и обеспечивают КПД 93 %. Серия КВ-Г включает модели КВ-Г-4,65-150 (мощностью 4,65 МВт) и КВ-Г-7,56-150 (мощностью 7,56 МВт), работающие только на газе. Данные котлы готовят перегретую воду в температурном режиме на входе/выходе 70/150 °С и выдают КПД 91 %. Водогрейные котлы серии ТВГ представлены тремя моделями: ТВГ-4Р (номинальной мощностью 4,3 МВт), ТВГ-8М (9,6 МВт) и ТВГ-10 (11,6 МВт), работающими на газе. Эти котлы работают в температурном режиме воды на входе/выходе 70/150 °С и выдерживают давление 14 бар (ТВГ-10 – 16 бар).

Также ПГ «Генерация» предлагает водогрейные водотрубные котлы сравнительно небольшой мощности – модели КВ-Г-0,7-90-70 (номинальной производительностью 0,7 МВт) и КВ-Т-0,5-90-70 (производительностью 0,5 МВт), работающие на газообразном топливе (КВ-Г-0,7) и угле (КВ-Т-0,5) под разрежением. Температур-

ный режим воды на входе/выходе у этих котлов составляет 70/90 °С, давление воды на входе/выходе – 6/5 бар. КПД модели КВ-Г-0,7-90-70 составляет 88 %, КПД угольного котла КВ-Т-0,5-90-70 – 76 %.

#### ОАО «ДКМ» (пос. Верхнедзержинский, Дорогобужский р-н, Смоленская обл.)

Водогрейные водотрубные котлы в ассортименте «Дорогобужкотломаш» представлены в диапазоне мощностей от 9,65 до 209 МВт. Серия водотрубных котлов туннельного типа КВ-ГМ-11,63-150Н, КВ-ГМ-11,63-115Н (мощностью 11,63 МВт), предназначенная для работы на газе/дизельном топливе, имеет возможность применения длиннофакельных горелочных устройств на котлах большой мощности, отличается компактными габаритами, высокой степенью автоматизации и КПД не ниже 92 %. Газомазутные автоматизированные котлы КВ-Г-9,65-150 и КВ-Г-14-150



имеют производительность соответственно 9,65 и 14 МВт, предназначены для выработки горячей воды с  $t$  150 °С, которая используется для отопления, горячего водоснабжения и технологических целей. Воду с той же температурой производят газомазутные автоматизированные котлы КВ-ГМ-11,63-150, КВ-ГМ-23,26-150 и КВ-ГМ-35-150 номинальной мощностью соответственно 11,63, 23,26, 35 МВт. Производительность газомазутных автоматизированных котлов КВ-ГМ-58,2-150, КВ-ГМ-116,3-150, КВ-ГМ-139,6-150 и КВ-ГМ-209-150 составляет соответственно 58,2, 116,3, 139,6 и 209 МВт. Водогрейные газомазутные автоматизированные котлы с улучшенными экологическими показателями серии ПТВМ-30:209 представлены моделями КВ-ГМ-35-150М (ПТВМ-30М), КВ-ГМ-58,2-150 (ПТВМ-50), КВ-ГМ-69,8-150 (ПТВМ-60), КВ-ГМ-116,3-150 (ПТВМ-

100), КВ-ГМ-139,6-150 (ПТВМ-120), КВ-ГМ-209-150 (ПТВМ-180), имеющими производительность соответственно 35, 58,2, 69,8, 116,3, 139,6 и 209 МВт.

Также в ассортименте ДКМ представлены водогрейные угольные автоматизированные котлы серий КВ-Р (для слоевого сжигания топлива) и КВ-Ф (для сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое). Серия КВ-Р представлена моделями КВ-Р-11,63-150; КВ-Р-23,26-150; КВ-Р-35-150; КВ-Р-58,2-150 номинальной мощностью 11,63, 23,26, 35 и 58,2 МВт, серия КВ-Ф – моделями КВ-Ф-29-150 и КВ-Ф-58,2-150 мощностью 29 и 58,2 МВт.

#### ОАО «Сибэнергомаш» (г. Барнаул, Алтайский край)

В предложении котельного оборудования «Сибэнергомаша» водогрейные водотрубные котлы занимают 11 позиций: это вертикально-водотрубные, прямоточные с принудительной циркуляцией котлоагрегаты различной компоновки (П-образная, Р-образная, Т-образная), работающие на природном газе, мазуте, а также на буром и каменном угле для получения перегретой воды с  $t$  150 °С. Газомазутные водотрубные котлы представлены моделями БКЗ-КВ-30 ГМ (КВ-ГМ-35-150) мощностью 35 МВт, БКЗ-КВ-50 ГМ (КВ-ГМ-58,2-150) мощностью 58,2 МВт, БКЗ-КВ-100 ГМ-2 (КВ-ГМ-116,3-150) мощностью 116,3 МВт, выдерживающие давление 16 бар. С давлением 25 бар работают газомазутные агрегаты ПТВМ-100 (КВ-ГМ-116,3-150) мощностью 116,3 МВт и ПТВМ-180 (модер) (КВ-ГМ-209-150) мощностью 209 МВт. Также большую мощность (209 МВт) выдает водотрубный котел БКЗ-В-180 (КВ-ГМ-209-150), работающий на природном газе и дизтопливе с давлением воды 25 бар, и котлоагрегат КВ-ГМ-180-150-2 (КВ-ГМ-209-150), работающий на газе и мазуте с таким же давлением воды в контуре.

Угольные котлы в ассортименте «Сибэнергомаш» представлены агрегатами КВ-ТК-100-150-6 (КВ-Т-116,3-150) мощностью 116,5 МВт, работающими на буром угле с давлением в водяном контуре 25 бар, водотрубными котлами на каменном угле КВ-ТК-100-150-4 (КВ-Т-116,3-150) таких же мощности и давления, а также серией котлов на каменном угле БКЗ-КВ, включающей котел БКЗ-КВ-110



К-2 (КВ-Т-128-150) мощностью 128 МВт и котлоагрегат БКЗ-КВ-120 К-1 (КВ-Т-139,6-150) мощностью 139,6 МВт, которые работают при давлении воды 16 бар. Новые водогрейные водотрубные котлы производства «Сибэнергомаш» отличаются высокой экономичностью (КПД на уровне 94–95 %) и малым уровнем вредных выбросов, который достигается благодаря организации ступенчатого сжигания. Они могут работать как самостоятельные генераторы тепла, так и в составе ПГУ и ГТУ-ТЭЦ по сбросной схеме, используя в качестве окислителя выхлопные газы газотурбинных агрегатов.

#### ООО «Теплотех-Комплект» (Санкт-Петербург)

Твердотопливные водогрейные водотрубные котлы серии КСВ-Ф предназначены для производства теплофикационной го-

рячей воды с максимальной  $t$  115 °С при допустимом рабочем давлении 6 бар. Котлы изготавливаются в блочном виде на два варианта загрузки угля: ручную и механизированную. Модель КСВ-Ф-0,2-95Н вырабатывает 0,2 МВт в ручном и 0,25 МВт в механизированном режиме работы, модель КСВ-Ф-0,5-95Н – 0,5 в ручном и 0,6 МВт в механизированном, модель КСВ-Ф-1,0-95Н – 0,9 МВт в ручном и 1,2 в механизированном. КПД водотрубных котлов серии КСВ-Ф в ручном режиме работы составляет 70 %, в механизированном – 80 %.

Также «Теплотех-Комплект» предлагает серию компактных горизонтально-водотрубных котлов VRF, URF производства компании Nolting (Германия), выпускаемых в диапазоне мощностей от 0,06 до 2 МВт. Данные котлы позволяют получать горячую воду с  $t$  115 °С



при допустимом рабочем давлении 6 бар, используя отходы деревообрабатывающих предприятий и мебельных производств. В качестве топлива могут использоваться щепа, опилки с древесной пылью и корой, стружка и пр., а также pelletные гранулы зернистостью до 100 мм и влажностью 50 %.



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ В ОТОПЛЕНИИ

**КОТЛЫ    ГОРЕЛКИ    КОТЕЛЬНЫЕ \***



*\* Товар сертифицирован*

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



# Влияние технического водоснабжения на электрическую мощность ТЭЦ

Е.В. Торопов, д.т.н., Л.Е. Лымбина, к.т.н. Е.Е. Торопов

*На ТЭЦ рабочим телом, как правило, являются вода и водяной пар; однако в зависимости от того, для каких целей используется вода на электростанции и на предприятии, к ее качеству предъявляются различные требования.*

**Н**а ТЭЦ принято различать: воду и пар, используемые как рабочее тело в цикле (пар, конденсат, питательная вода); добавочную воду (для восполнения потерь рабочего тела в цикле электростанции); сетевую и подпиточную воду теплосети и техническую воду. Последняя используется для отвода теплоты от отработавшего пара в конденсаторах турбин, в системе гидрозолошлакоудаления, для охлаждения масла и газа турбин и электрогенераторов, охлаждения подшипников вспомогательных механизмов (мельниц, дымососов, вентиляторов, питательных насосов и др.). Часть (незначительная) технической воды, поступающей на ТЭЦ, является исходной для подготовки добавочной воды основного цикла и подпиточной воды теплосетей.

В результате использования природной технической воды на ТЭЦ образуются: золошлаковая пульпа при сжигании твердого топлива, замасленные и замазученные при сжигании мазута воды, засоленные воды стоков химических цехов и подогретая в сравнении с источником сбросная вода конденсаторов турбин (тепловое загрязнение). В настоящее время разрешено сбрасывать в окружающую электростанцию водоемы без предварительной обработки лишь поток воды, прошедший через конденсаторы турбин.

Принципиально возможны два варианта водопользования на ТЭЦ: прямоточная и оборотная, при оборотной схеме возможна комбинация схемы технического водоснабжения ТЭЦ с оборотной схемой технического водоснабжения предприятия, но это требует согласования не только массовых расходов воды по переделам, но и температурных и экологических соответствий при соблюдении рабочих графиков. Оборотные системы водоснаб-

жения промышленных ТЭЦ, как правило, имеют охладительные устройства в виде градирен.

Тепловые электростанции работают по циклу Ренкина: это обстоятельство предопределяет необходимость наличия горячего и холодного источников. Роль горячего источника принадлежит котлоагрегату, а холодного – конденсатору турбоустановки. При этом в холодном источнике (конденсаторе) от рабочего тела отводится около 50 % теплоты, подведенной к нему от горячего источника.

Отвод теплоты в конденсаторе производится при постоянном давлении  $p_k$ , а следовательно, и температуре  $t_k$ . При этом 1 кг отработавшего в турбине пара, конденсируясь, отдает охлаждающей воде теплоту в количестве

$$q_k = h_{n,k} - h_k, \quad (1)$$

где  $h_{n,k}$  – энтальпия пара на входе в конденсатор, кДж/кг;  $h_k$  – энтальпия конденсата на выходе из конденсатора, кДж/кг. Эффективность системы охлаждения пара в конденсаторе через достигнутое разрежение в нем  $p_k$  оказывает влияние на реализуемую мощность турбины – вначале мощность растет, несмотря на возрастание потерь с повышенной выходной скоростью пара и увеличение влажности пара на входе в конденсатор. Затем, достигнув максимума при  $p_k \sim 0,002$  МПа, снижается из-за достижения в минимальном сечении каналов лопаточной решетки критического значения скорости пара (рис. 1-а).

Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор  $t_{в1}$  может изменяться в производственных условиях в широких пределах, но только при ее низких значениях, высоких кратностях охлаждения  $m$  и небольших значениях остаточного температурного напора  $\delta t$  может быть

достигнуто давление в конденсаторе, близкое к оптимальному. Диаграмма (рис. 1-б) иллюстрирует распределение температуры по ходу охлаждающей воды в конденсаторе, причем разность температур  $t_n$  и  $t_b$  соответствует предполагаемому температурному напору в конденсаторе, а разность  $t_b$  и  $t_{в1}$  – реализованному температурному напору. Достижимое давление в конденсаторе при изменении температуры охлаждающей воды в зависимости от кратности охлаждения представлено на рис. 1с.

Наибольшее распространение на ТЭЦ получили конденсаторы, выполненные конструктивно как теплообменники поверхностного типа.

Одна из важнейших характеристик конденсатора – кратность охлаждения  $t$ , кг/кг, определяется отношением расхода охлаждающей воды к расходу поступающего в конденсатор пара:

$$m = G_{ов}/D_k, \quad (2)$$

С учетом теплового баланса конденсатора кратность охлаждения может быть определена как

$$m = G_{ов}/D_k = (h_{n,k} - h_k) / (h_{в2} - h_{в1}) = q_k / \Delta h_{в} = q_k / C_p^в \Delta t_{в}, \quad (3)$$

где  $C_p^в \approx 4,19$  кДж/(кг·К) – теплоемкость воды.

На современных турбоустановках ТЭЦ давление отработавшего пара  $p_k = 0,003$ – $0,006$  МПа, что соответствует температурам насыщения (конденсации) водяного пара 24–40 °С. Поступающий в конденсатор отработавший пар, как правило, имеет небольшую влажность, примерно 10–12 %. В этих условиях среднее значение  $q_k \approx 2200$  кДж/кг.

Таким образом, с погрешностью около 2 % кратность охлаждения можно определить по формуле:



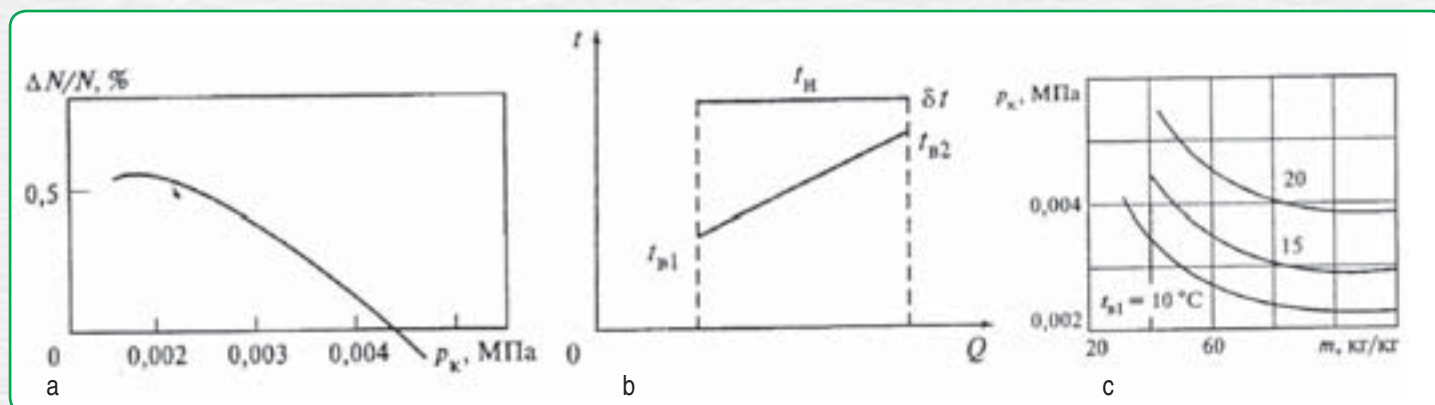


Рис. 1. Изменение показателей работы конденсатора паровой турбины:

а – изменение мощности турбины  $\Delta N$  при изменении давления в конденсаторе  $p_k$ ; б – « $t - Q$ » диаграмма для конденсатора турбины; в – зависимость  $p_k$  от кратности охлаждения  $m$  при  $\delta t = 3^\circ\text{C}$

$$m = 525/\Delta t_{в}. \quad (4)$$

Расчетные значения подогрева охлаждающей воды в конденсаторах  $\Delta t_{в}$  обычно находятся в диапазоне  $6\text{--}12^\circ\text{C}$ , а следовательно,  $t = 43,3\text{--}86,7$ . Меньшие значения этого показателя принимаются для многоходовых, а большие – для одноходовых конденсаторов.

Удельный расход пара современных турбоустановок ТЭС  $d \approx 3 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ . С учетом отборов пара на регенеративный подогрев питательной воды (в отборы уходит примерно 30 %) удельный расход пара в конденсатор для таких турбоустановок  $d \approx 2 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ .

Если принять кратность охлаждения  $t = 50$ , а мощность блока 250 МВт, то необходимый расход воды на такую турбоустановку при прямоточной схеме водоснабжения

$$G = 50 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 10^3 / 3600 = 7 \cdot 10^3 \text{ кг/с}.$$

Это равно расходу (дебиту) средней реки, такой как река Миасс в Челябинской области, снабжающей водой миллионный мегаполис, 5 ТЭС и 4 предприятия металлургического профиля. Таким образом, в рассмотренных условиях возможна только обратная система водоснабжения. Недостаточное количество охлаждающей воды приводит к ухудшению работы конденсаторов и соответствующему ограничению электрической мощности ТЭС. По статистическим данным, ограничения мощности электростанций в летний период составляют 18–20 %, в зимний 9 % от установленной мощности. В общей струк-

туре самые большие значения ограниченной мощности происходят из-за недостаточного промышленного тепло- и паропотребления, ограниченного количества охлаждающей воды и высоких значений ее температуры.

На АЭС из-за относительно низких начальных параметров удельный расход пара на турбоустановку примерно в 2 раза выше, чем на ТЭС, и при прочих равных условиях соответственно во столько же раз выше расход охлаждающей воды. Кроме использования в конденсаторах турбин техническая вода потребляется на электростанциях и на другие цели.

Наиболее крупные потребители технической воды на ТЭС приведены ниже в таблице (расходы всех потребителей представлены в процентах от расхода охлаждающей воды на конденсацию отработавшего в турбине пара, который принят за 100 %).

В соответствии с данными таблицы, рассчитанное по вышеприведенным соотношениям, количество охлаждающей кон-

денсаторы воды должно быть увеличено на 4,14–7,90 %.

Оборотная система технического водоснабжения в последние годы получила наибольшее распространение на отечественных электростанциях, из-за рассмотренных выше особенностей; реализуется обратная система либо в виде водохранилищ-охладителей, либо в виде градирен. Воздушно-конденсационные установки не получили распространения из-за еще более тесной связи их эффективности с состоянием окружающей среды.

Охлаждение воды в водохранилище происходит вследствие конвективного теплообмена с воздухом (конечно, при температуре воздуха ниже температуры воды) и испарения части воды с поверхности водохранилища. В зависимости от погодных условий эти процессы могут протекать параллельно, но могут быть и такие условия, когда охлаждение воды будет происходить либо только в результате испарения (жаркие летние дни),

Таблица 1. Потребление технической воды на ТЭС

Назначение	$G_{о.в.}, \%$
Конденсация пара	100
Охлаждение турбогенераторов и крупных электродвигателей	2,5–4,0
То же масла, циркулирующего в масляной системе, турбоагрегата и питательных насосов	1,2–2,5
То же подшипников вспомогательных механизмов	0,3–0,8
Гидротранспорт золы и шлака	0,1–0,5
Восполнение внутренних утечек в основном цикле электростанции	0,04–0,1



либо только за счет конвекции (100 %-ная влажность воздуха). Эта система обеспечивает среднегодовую  $t$  охлаждающей воды 10–16 °С и давление в конденсаторе 0,004–0,005 МПа, но удельная занимаемая площадь составляет 3–8 м<sup>2</sup>/кВт.

Градирни занимают в 300–400 раз меньшую площадь, но при этом обеспечивают среднегодовую температуру 20–25 °С и давление в конденсаторе 0,006–0,007 МПа.

Повысить эффективность градирен можно различными способами, но большинство из них связано с дополнительным расходом энергии, материалов и (или) занимаемой площади. Это градирни с вспомогательной тягой, испарительно-сухие градирни, с замкнутым контуром и др. Необходимо также упомянуть применение циркуляционных насосов с регулируемым приводом «Грундфос», которые обеспечат экономию энергии в зимних условиях. Для градирен с дополнитель-

ным замкнутым контуром возможно применение теплонасосных установок типа чиллеров-охладителей SL.

Подобные установки, в отличие от традиционных холодильников, в том числе бытовых, используют в холодильном цикле не хладоны, которые могут способствовать разрушению озонового слоя атмосферы, а бромисто-литиевые теплоносители, применяемые в абсорбционных процессах. В качестве первичного теплоносителя могут использоваться горячая вода с  $t$  88–130 °С, насыщенный пар с давлением 0,1; 0,4; 0,6; 0,8 МПа, выхлопные газы с  $t$  более 250 °С, либо природный, попутный газы, биогаз, дизтопливо со сжиганием в топке специального теплогенератора, что для тепловых электростанций, имеющих значительное количество собственных низкотемпературных ресурсов, менее привлекательно. Холодопроизводительность подобных установок варьируется в пределах от 0,35

до 9,3 МВт; вырабатываемая чиллерами холодная вода с  $t$  +7 °С может подмешиваться к циркуляционной воде конденсаторов в летние месяцы. Отсутствие компрессора делает работу чиллеров бесшумной, а суммарная мощность электропотребления на установку не превышает 3,0–3,2 кВт на МВт холодопроизводительности.

Возможно также применение тепловых труб или термосифонов, помещенных в землю на глубину около 8 м, где температура практически не изменяется от сезона к сезону, но также требует финансовых затрат на бурение и обустройство скважин.

*По материалам III Межотраслевой конференции «Вода в промышленности-2012», проведенной ООО «ИНТЕХЭКО» 30–31 октября 2012 г. в ГК «Измайлово», [www.intecheco.ru](http://www.intecheco.ru).*

<http://www.oil-slime.ru>  
<http://www.intert.ru>



**ОРГКОМИТЕТ СЪЕЗДА:**

Телефон: (495) 981-4597  
(495) 953-4656  
(499) 135-7496

Факс: (495) 913-5616

e-mail: [congress2@oil-slime.ru](mailto:congress2@oil-slime.ru)

**21-22 НОЯБРЯ 2012 ГОДА**  
**II СЪЕЗД ЭКОЛОГОВ РОССИИ**

Колонный зал Дома Союзов  
(г. Москва, ул. Большая Дмитровка, 1.)



**Открытие Съезда в 10.00**  
**Выставка - "Экология XXI века" - с 9.00 - 16.00**





За 60 лет реализовано более 7 тысяч  
проектов строительства котельных



## ОАО «МПНУ ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ»

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

Реклама Товар сертифицирован

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



# Деаэрация воды для систем теплоснабжения

В. Шарапов, д.т.н.

Термическая деаэрация воды еще долгое время будет одним из основных средств обеспечения надежности систем теплоснабжения и их теплоисточников.

На крупных теплоисточниках – ТЭЦ и котельных большой тепловой мощности для подпитки теплосети обычно используют струйно-барботажные вакуумные деаэраторы горизонтального типа производительностью 400 и 800 м³/ч конструкции ЦКТИ (рис. 1). Эти установки (ДВ-400 и ДВ-800) привлекают прежде всего возможностью работы при пониженных параметрах теплоносителей, что су-

щественно повышает энергетическую эффективность теплофикации, особенно на ТЭЦ с открытыми системами теплоснабжения. Кроме того, огромным преимуществом для ТЭЦ является использование в качестве греющего агента в деаэраторах не пара, а перегретой сетевой воды.

В освоении этих аппаратов приняли активное участие сотрудники научно-исследовательской лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки» (НИЛ ТЭСУ) Ульяновского государственного технического университета, специалисты Союзтехэнерго-ОРГРЭС и многих электростанций. Результаты совместных работ обобщены в нескольких изданиях, основными из них можно назвать:

- получение в результате промышленного экспериментального исследования многофакторных математических моделей основных типов вакуумных деаэраторов;
- разработку схем теплофикационных установок с вакуумными деаэраторами, обеспечивающих нормативное качество деаэрации и высокую энергетическую эффективность их применения на ТЭЦ;
- формулировку условий применения вакуумных деаэраторов в теплоэнергетических установках (под этими условиями

понимаются температурные режимы деаэрации, выбор газоотводящих аппаратов, обеспечение вакуумной плотности установки и гравитационного режима работы сливных трубопроводов, предотвращение вторичного насыщения деаэрированной воды газами);

- разработку технологий, дополняющих противокоррозионную обработку подпиточной воды теплосети с применением вакуумной деаэрации;
- разработку принципиально новых технологий регулирования деаэрационных установок, обеспечивающих заданное качество деаэрации воды.

Многофакторные математические модели вакуумных деаэраторов представляют собой уравнения регрессии – зависимости показателей качества деаэрации (остаточного содержания кислорода  $Y_1$  в мг/дм³ и диоксида углерода  $Y_2$  в мг/дм³) от основных управляемых режимных факторов (расхода  $G_{х.о.в.}$ , температуры  $t_{х.о.в.}$ , щелочности  $Щ_{х.о.в.}$  исходной химически очищенной воды, а также от расхода  $G_{г.а.}$  и температуры  $t_{г.а.}$  греющего агента – перегретой воды) и их взаимодействий. Для деаэратора ДВ-800 эти уравнения имеют вид:

$$Y_1 = 32 + 12X_1 - 8X_3 + 4X_2X_3 + 9X_2X_4 + 5X_1X_2X_3 + 4X_1X_2X_4 + 2X_1X_3X_4; \quad (1)$$
$$Y_2 = 8,18 - 0,13X_1 + 0,13X_3 + 0,05X_4 + 0,22X_5 - 0,05X_1X_4 - 0,04X_2X_4 + 0,07X_3X_4 + 0,05X_1X_3X_5. \quad (2)$$

В табл. 1 приведены значения режимных параметров, при которых получены уравнения (1) и (2).

Одна из наиболее экономичных схем теплофикационных турбоустановок приведена на рис. 2.

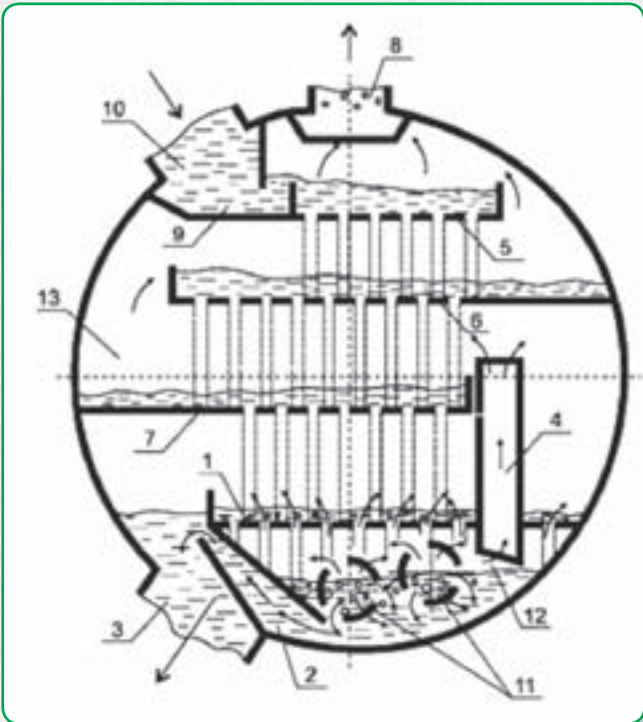


Рис. 1. Струйно-барботажный вакуумный деаэратор горизонтального типа: 1 – барботажный лист, 2 – канал для прохода неиспарившейся перегретой воды, 3 – отвод деаэрированной воды, 4 – пароперепускной короб, 5, 6 и 7 – тарелки, соответственно, первая, вторая и третья, 8 – отвод выпара, 9 – распределительный коллектор, 10 – подвод исходной воды, 11 – подвод греющего агента, 12 – испарительный отсек, 13 – деаэрационный отсек



Таблица 1. Значения регулируемых факторов при определении целевых функций  $Y_1$ - $Y_2$

Показатель для построения уравнений регрессии	Регулируемый фактор				
	$G_{х.о.в.}, \text{т/ч}$	$G_{г.а.}, \text{т/ч}$	$t_{х.о.в.}, ^\circ\text{C}$	$t_{г.а.}, ^\circ\text{C}$	$\text{Щ}_{х.о.в.}, \text{мг-экв/дм}^3$
Базовое значение, $X_{i0}$	600	250	48	100	0.55
Интервал варьирования, $\lambda_i$	200	150	18	25	0.30
Обозначение в нормированном виде	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$

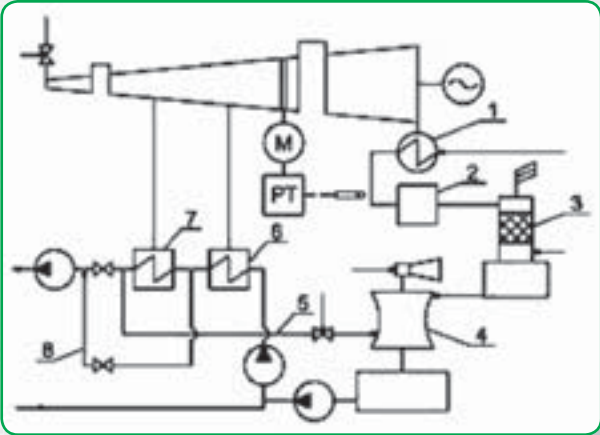


Рис. 2. Схема подогрева потоков подпиточной воды в теплофикационной турбоустановке: 1 – встроенный пучок конденсатора, 2 – водоподготовительная установка, 3 – декарбонизатор, 4 – вакуумный деаэратор, 5 – трубопровод греющего агента, 6 и 7 – нижний и верхний сетевые подогреватели, 8 – байпас верхнего сетевого подогревателя

Особенностью этой схемы является использование для подогрева теплоносителей перед вакуумными деаэраторами низкопотенциального пара. Подогрев исходной воды осуществляется отработавшим паром турбины во встроенном пучке конденсатора, а подогрев греющего агента – в нижнем и верхнем сетевом подогревателях, причем в теплый период года, когда температура сетевой воды в подающей магистрали должна быть ниже температуры греющего агента, сетевая вода подается в теплосеть через байпас верхнего сетевого подогревателя, который остается в работе только для подогрева греющей среды вакуумного деаэрата. Эта схема около двадцати лет успешно используется в теплофикационных турбоустановках Т-250-240 Южной ТЭЦ Ленэнерго (ТГК-1).

К сожалению, на многих ТЭЦ до настоящего времени используются схемы с подогревом потоков подпиточной воды паром высокопотенциальных производ-

ственных отборов турбин, что делает применение вакуумных деаэраторов на этих станциях менее экономичным, чем использование атмосферных аппаратов.

В целом многолетнее освоение струйно-барботажных деаэраторов ДВ-400 и ДВ-800 позволило обеспечить на большинстве теплоэнергетических установок с высокой культурой эксплуатации эффективную и экономичную деаэрацию подпиточной воды теплосети. Так, в водогрейной котельной Panevezio ПО Литовэнерго с котлами ПТВМ-50, КВГМ-100 и деаэраторами ДВ-400М, работающей на открытую систему теплоснабжения, в результате внедрения комплекса разработок, выполненных специалистами НИЛ ТЭСУ УлГТУ и ВТИ, удалось реализовать режим подпитки теплосети, характеризующийся следующими показателями:

Общая жесткость, мг-экв/дм³	не более 0,1
Щелочность подпиточной воды, мг-экв/дм³	0,3–0,5
Среднее содержание SiO₂, мг-экв/дм³	16,7
Температура воды перед Н-фильтрами, декарбонизацией и вакуумной деаэрацией, °C	38–40
Температура греющего агента для вакуумной деаэрации, °C	100–135
Подогрев воды в деаэраторе, °C	12–20
Содержание CO₂ в декарбонизированной воде, мг/дм³	2–3
Среднее значение pH подпиточной воды	8,75
Содержание кислорода в подпиточной воде, мкг/дм³	5–15
Скорость внутренней коррозии сетевых трубопроводов, мм/год	0,005–0,025

Внедрение комплекса разработок позволило полностью исключить повреждения поверхностей нагрева котлов, возникающие из-за коррозии и накипных отложений. Обработка индикаторов коррозии, установленных в подающих и обратных

сетевых трубопроводах тепловых сетей, показала, что характеристика коррозионного процесса соответствует или близка к уровню «практически отсутствует».

На крупных котельных часто используются струйно-барботажные вакуумные деаэраторы вертикального типа производительностью от 5 до 300 м³/ч (рис. 3).

Эти деаэраторы выпускаются серийно, достаточно освоены в эксплуатации. Рекомендации по технологическим режимам их эксплуатации и схемам включения опубликованы в ряде работ – в котельных с достаточной квалификацией персонала, где эти рекомендации соблюдаются, обеспечивается нормативная деаэрация воды.

Отметим, что реальная возможность получить выигрыш в энергетической эффективности за счет более сложной вакуумной деаэрации существует только на ТЭЦ и этот выигрыш пропорционален расходу обрабатываемой воды.

В теплоэнергетических установках, работающих на закрытые системы теплоснабжения с малыми расходами подпиточной воды при наличии источников пара целесообразно применять серийно

выпускаемые атмосферные деаэраторы с барботажным листом, установленным в нижней части струйной деаэрационной колонки. Одним из лучших атмосферных аппаратов является деаэратор ДА-25 конструкции ЦКТИ (рис. 4).



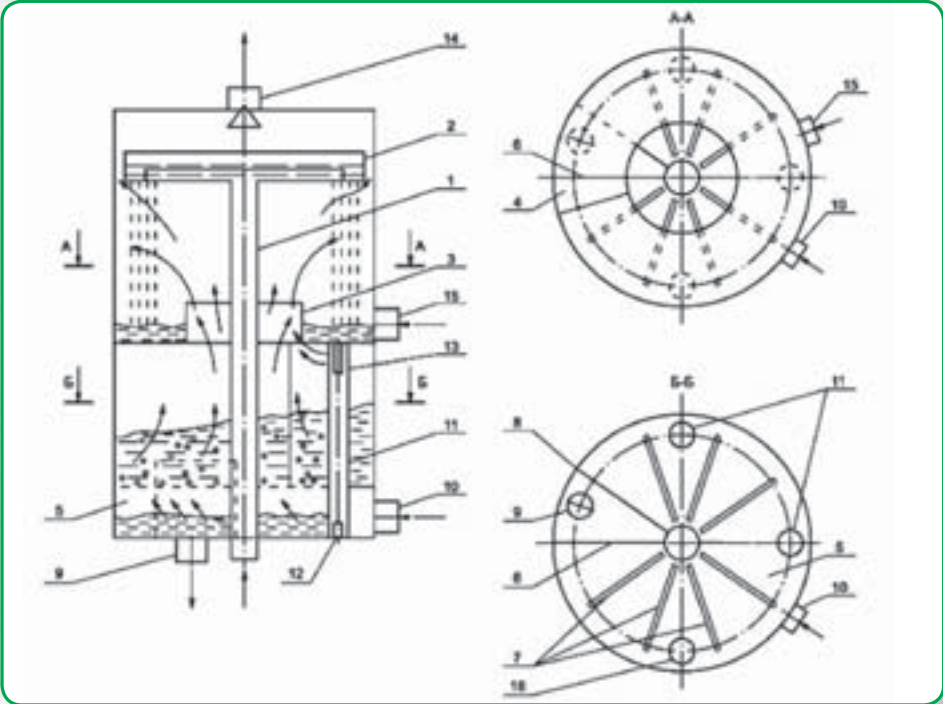


Рис. 3. Струйно-барботажный вакуумный деаэратор вертикального типа: 1 – отвод деаэрированной воды, 2 – барботажный лист, 3 – водосливной порог, 4 – коллектор, 5 – отвод выпара, 6 – верхняя тарелка, 7 – подвод исходной воды, 8 – перепускная тарелка, 9 – подвод конденсата, 10, 13 – отверстия для перепуска пара, 11 – перепускная труба, 12 – подвод греющей среды, 14 – водоперепускная труба, 15 – щели для прохода пара, 16 – вертикальная перегородка, 17 – сектор для слива воды

О возможностях таких деаэраторов говорят результаты их экспериментального исследования (табл. 2).  
Из табл. 2 следует, что даже при снижении удельных расходов выпара в 10–20 раз против установленных стандартом величин обеспечивается весьма глубокое удаление кислорода (ниже 10 мкг/дм³).  
Важнейшими условиями для обеспечения эффективной деаэрации, помимо

организации технологически необходимых температурных режимов деаэрации и схем включения деаэраторов на ТЭЦ и котельных, являются оснащение деаэрационных установок современными приборами контроля качества деаэрированной воды, прежде всего, – кислородомерами, и применение современных технологий управления процессом деаэрации.

Схема регулирования деаэратора, в которой реализована одна из таких технологий, показана на рис. 5.

Сущность новых технологий заключается в регулировании режимных параметров по величине заданной остаточной концентрации растворенного кислорода или по величине pH деаэрированной воды. В вакуумных деаэраторах регулирующим параметром может быть, например, расход греющего агента, а в атмосферных деаэраторах – расход выпара. Главным достоинством этих технологий управления является надежное обеспечение нормативного качества деаэрации при максимально возможной энергетической эффективности реализуемых теплообменных процессов. Разработка серии новых технологий управления процессами термической деаэрации была отмечена медалью Российской академии наук и золотой медалью Всемирного салона изобретений в Брюсселе.

Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время существует достаточно эффективная и хорошо освоенная деаэрационная техника для различных условий эксплуатации теплоэнергетических установок.

Однако на многих ТЭЦ и котельных имеются большие трудности с организацией эффективной противокоррозионной обработки воды. Иногда это связано с ограниченностью технических возможностей предприятия, чаще – с недостаточной компетентностью обслуживающего персонала. В поисках выхода руководство теплоснабжающих предприятий часто доверяется малоизвестным людям, обещающим чудесное избавление от всех технических проблем.

Таблица 2. Содержание растворенного кислорода в воде после атмосферного струйно-барботажного деаэратора

Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
t химически очищенной воды	51,0	53,5	55,0	56,0	37,7	38,3	36,0	43,0	45,5	35,0	35,7	35,8	33,0	40,0	66,0	87,0	75,0	35,7	45,0
Ср. величина нагрева воды в деаэраторе, °С	42,2	41,6	41,1	40,9	46,9	47,1	56,8	46,1	50,2	51,3	48,3	50,0	53,2	46,3	36,6	29,0	33,9	49,8	45,3
Удельный расход выпара, г/т д.в.	1,33	1,23	0,66	2,27	1,70	1,58	0,78	0,26	0,20	0,90	0,12	0,91	0,35	3,97	6,95	2,26	0,50	0,90	0,23
Остаточное содержание O <sub>2</sub> , мкг/дм³	9	8	10	9	5	5	8	8	5	2	10	3	7	8	60	40	43	4	3



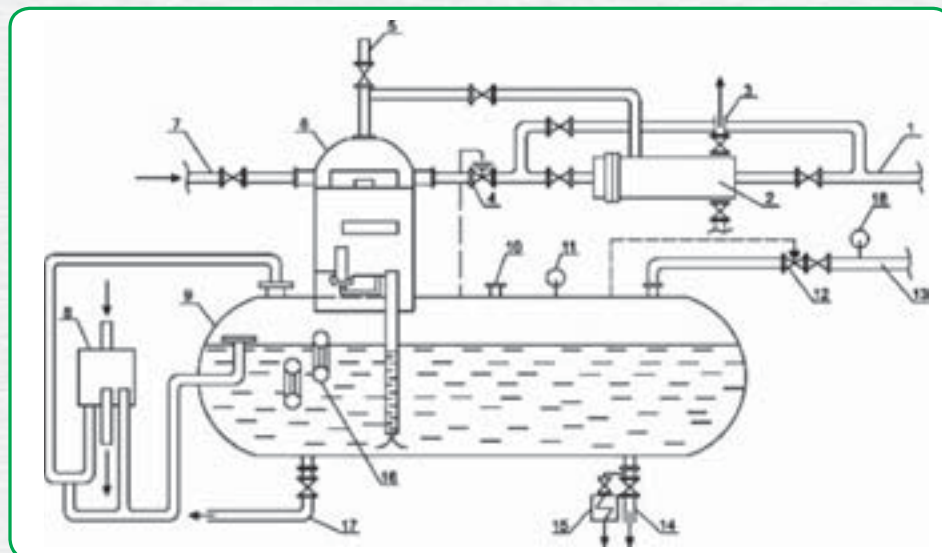


Рис. 4. Схема деаэрационной установки атмосферного давления (применительно к деаэрации питательной воды котельной): 1 – подвод химически очищенной воды, 2 – охладитель выпара, 3, 5 – выхлоп в атмосферу, 4 – клапан регулировки уровня, 6 – деаэрационная колонка, 7 – подвод основного конденсата, 8 – предохранительные устройства, 9 – деаэрационный бак, 10 – подвод горячих конденсатов, 11 – манометр, 12 – клапан регулировки давления, 13 – подвод греющего пара, 14 – отвод деаэрированной воды, 15 – охладитель пробы, 16 – указатель уровня, 17 – дренаж, 18 – мановакууметр

Одной из причин этого является пассивная позиция заводов-изготовителей серийно выпускаемых аппаратов, прежде всего, ОАО «Саратовский завод энергетического машиностроения». Руководство

этих заводов считает, что рынки сбыта продукции закреплены за ними навечно, и не уделяет должного внимания совершенствованию и техническому сопровождению своей продукции. Эксплуатационники, не имея необходимых заводских документов по эксплуатации деаэраторов, не справляются с наладкой этих аппаратов и обращаются к авторам рекламных статей, обещающих, что при покупке их «малогабаритного, недорогого и простого в эксплуатации» изделия деаэрация воды наладится сама собой.

Прежде всего, рекламируются различные распылительные деаэраторы, которые обычно для экзотики именуются вихревыми, кавитационными и т. п. Главные недостатки этих деаэраторов: необходимость существенного предварительного подогрева исходной воды и, как следствие, дорогих подогревателей из коррозионно-стойких материалов; большие энергетические затраты на создание избыточного давления перед

деаэраторами, а иногда дополнительно – на рециркуляционный подогрев исходной воды; и, самое главное, – крайне низкое качество деаэрации. По результатам глубокого анализа проблемы деаэрации воды для систем теплоснабжения можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. В настоящее время серийно выпускается достаточно широкий типоразмерный ряд термических деаэраторов, обеспечивающих нормативную эффективность деаэрации подпиточной воды теплосети и хорошо освоенных в эксплуатации. На ТЭЦ в схемах подпитки теплосети рекомендуется установка струйно-барботажных вакуумных деаэраторов ДВ-400 и ДВ-800. Эти же деаэраторы рекомендуется применять в котельных установках открытых систем теплоснабжения с большим расходом подпиточной воды. В котельных установках с небольшим расходом подпиточной воды и наличием источников пара деаэрацию подпиточной воды целесообразно осуществлять в атмосферных струйно-барботажных деаэраторах конструкции НПО ЦКТИ с барботажной ступенью, расположенной в нижней части деаэрационной колонки. В котельных установках без источников пара рекомендуется применение вакуумных струйно-барботажных деаэраторов вертикального типа производительностью 5–100 м³/ч с водоструйными эжекторами или вакуум-насосами. При расходе подпиточной воды свыше 100 м³/ч целесообразна установка более эффективных деаэраторов ДВ-400. Все деаэрационные установки для теплосети должны проектироваться с 30–50-процентным запасом по производительности.

2. Основными причинами неудовлетворительной деаэрации подпиточной воды на теплоисточниках систем теплоснабжения являются невыдерживание температурных режимов деаэрации, несовершенство схем включения деаэраторов на ТЭЦ и котельных, а в вакуумных деаэрационных установках, кроме того, негерметичность вакуумных систем установок и недостаточная эффективность работы газоотводящих аппаратов.

Статья подготовлена по материалам доклада на заседании Научно-технического совета ПАО «ЕЭС России» (секция теплофикации).

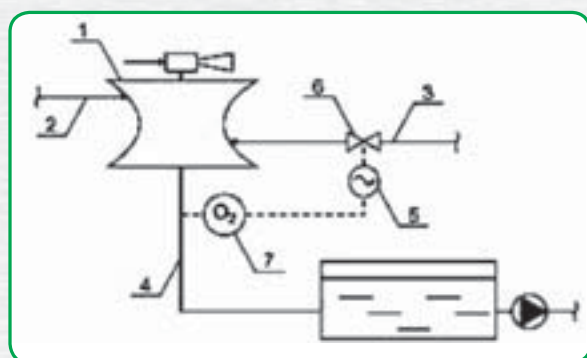


Рис. 5. Схема вакуумной деаэрационной установки с использованием в качестве регулируемого параметра заданного содержания кислорода в деаэрированной воде, а в качестве регулирующего параметра – расхода греющего агента: 1 – вакуумный деаэратор, 2 – трубопровод исходной воды, 3 – трубопровод греющего агента, 4 – трубопровод отвода деаэрированной воды, 5 – регулятор расхода перегретой воды, 6 – регулирующий клапан, 7 – датчик остаточного содержания растворенного кислорода





Дозирующие насосы применяются для промышленной водоподготовки и водоочистки, в системе централизованного водоснабжения и локальных водопроводов, а также при очистке сточных вод и дезинфекции воды в бассейнах. Большое значение дозировочное оборудование имеет в системах водоподготовки котельного оборудования, особенно при подпитке паровых и водогрейных котлов.

# Дозировочное оборудование для промышленных котельных

М. Иванов

Основным назначением дозировочных агрегатов является точное введение в воду химических реагентов, включая агрессивные и ядовитые вещества, которые могут подаваться в виде растворов, суспензий и эмульсий. В насосах, которые используются для дозирования, применяются различные способы нагнетания. Поэтому дозировочные агрегаты подразделяются по принципу их действия. Среди них выделяют перистальтические (шланговые), винтовые (шнековые), поршневые (плунжерные) и мембранные (диафрагменные) дозировочные насосы.

Действие перистальтических дозирующих насосов основано на продавли-

вании дозируемой среды в эластичном шланге роликами. Перемещение роликов по желобу, в который помещен шланг, осуществляется за счет вращения вала электродвигателя.

Скорость подачи перистальтического насоса регулируется путем изменения скорости вращения вала электропривода. Долгое время применение таких насосов сдерживалось отсутствием подходящих двигателей и надежных материалов для шлангов. Однако после выхода на рынок шлангов фирмы Du Pont (США) и массового производства шаговых электродвигателей, перистальтические насосы-дозаторы стали достаточ-

но часто использоваться. Основным их достоинством является то, что они позволяют осуществлять дозирование с высокой точностью в герметичных условиях. Правда, давление, которое они создают, не превышает 1,5 атм, но для дозирования в безнапорные резервуары или трубопроводы это не важно. Во всех же остальных случаях при работе с напорными трубопроводами величина давления,



Рис. 1



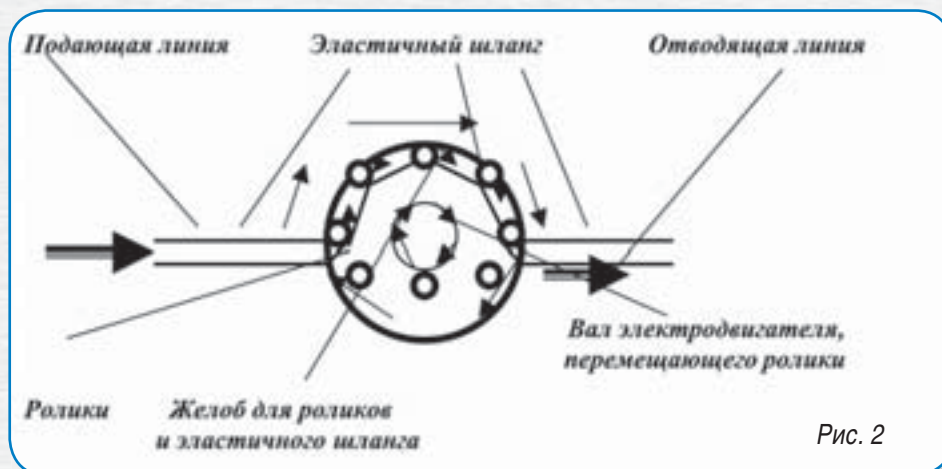


Рис. 2

создаваемая дозаторами, является важным показателем. Среди представленных на рынке перистальтических дозирующих устройств можно отметить насосы марки «Бинад-01», предлагаемые фирмой «Автоматика» (г. Смоленск) и серию шланговых дозирочных агрегатов типов НДГ-8, НДГР-8, НДГЭ-8, НДГЭМ-8 (ТУ 3632-002-52530397-2003), предлагаемых ЗАО «Талнах» (г. Тула).

Довольно часто для дозирования химических реактивов пользуются винтовыми насосами, которые еще называют шнековыми. В них дозируемую жидкую среду по цилиндру продавливают с помощью червячного колеса. Применение таких агрегатов стало возможным после того, как на поверхности цилиндра и шнека стали наносить химически устойчивое и эластичное покрытие из фторсодержащих каучуков. Такое покрытие обеспечивает достаточную герметизацию системы и устойчивость к агрессивному воздействию дозируемых сред. Винтовые насосы очень хорошо себя зарекомендовали при дозировании мало вязких жидкостей, таких как известковое молоко, раствор аммиачной воды, раствор сернистой кислоты и других подобных

систем для очистки воды методом коагуляции. Так, в ряде случаев на стадиях водоочистки воды для ТЭЦ находят применение шнековые эксцентричные насосы-дозаторы компании Netzsch (Германия, рис. 1). Винтовой насос модели Netzsch Nemo серии NM 021 с производительностью от 8 л/мин до 3,0 м³/ч создает давление в напорной линии до 4 атм. Такой дозатор применяют для перекачки раствора сульфата алюминия с кон-

центрацией от 1,5 до 5,0 %. Регулировка подачи осуществляется с помощью внешнего частотного преобразователя. Необходимо отметить, что данная модель насоса-дозатора имеет средство защиты от протечек и защиту от «сухого хода». Для автоматической перекачки раствора флокулянта обычно монтируется дозирующая станция, которая включает в себя установку марки MixLine, состоящую из пневмотранспорта сухого порошка, шнековых насосов-дозаторов указанной модели с производительностью от 100 до 2000 л/ч, магнитно-индукционного расходомера и шкафов управления.

Еще одним примером использования винтовых дозаторов химических реагентов является продукция компании AlphaDynamic (г. Балашиха, Московская обл.). Этим производителем выпускаются вертикальные и горизонтальные шнековые насосы для дозирования. Так, вертикальный дозатор серии Zeus имеет производительность от 45 л/мин до 9,8 м³/ч. При

этом создаваемое им давление составляет 4 атм. Допустимая вязкость системы может достигать  $5 \times 10^2$  мПа·с. Кроме этого предлагаются горизонтальные шнековые насосы-дозаторы марки Atlas серии S, которые способны производить перекачку различных сред в диапазон от 10 л/мин до 63 м³/ч.

Одним из видов насоса, который хоть и достаточно старый, но все еще востребован для дозирования различных растворов и смесей при водоподготовке на объектах теплоэнергетики, являются поршневой (или плунжерный).

Работа этого агрегата основана на превращении вращательного движения ротора электродвигателя в возвратно-поступательное перемещение поршня в рабочей камере головки насоса. При движении поршня направо в рабочей камере образуется разрежение, проводящее к закрыванию клапана в напорной линии и открыванию клапана в заборной линии для засасывания рабочей жидкости. При движении поршня налево происходит закрывание клапана на заборной линии и открывания клапана на нагнетательной линии, что приводит к тому, что часть жидкой среды из заборного трубопровода попадает в нагнетательную линию. Регулировка производительности поршневого насоса-дозатора может осуществляться с помощью ручного вариатора, который изменяет протяженность хода поршня. Несомненным преимуществом такого типа дозирующих насосов является возможность прокачивать суспензии с относительно высоким содержанием твердой фазы, а также растворы

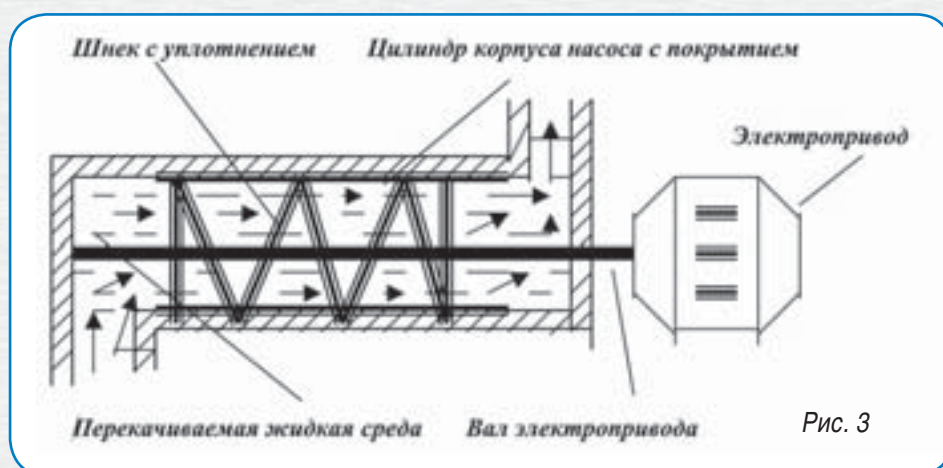


Рис. 3



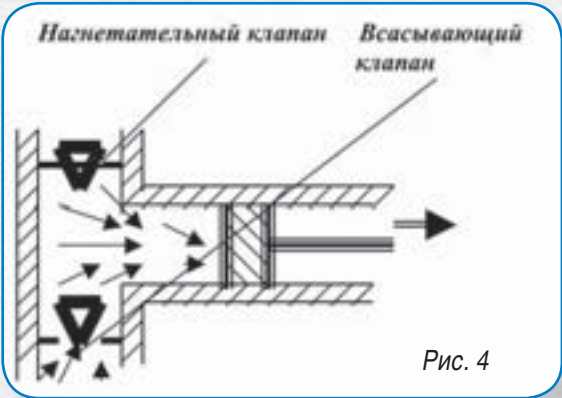


Рис. 4

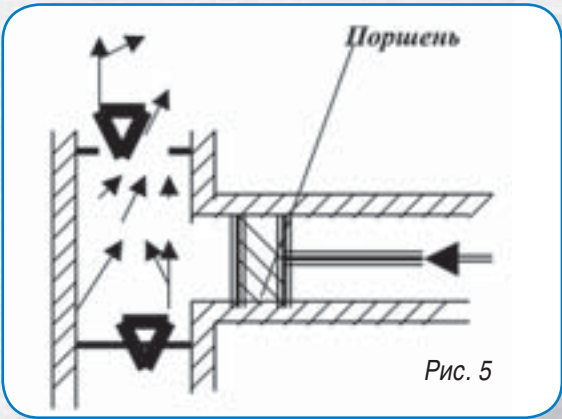


Рис. 5

и эмульсии со значительной вязкостью и высокой плотностью. Так, поршневые насосы могут дозировать жидкие системы с вязкостью  $10^{-4} - 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}$ , и растворы с плотностью до  $2 \text{ г/см}^3$ . Жидкие среды с высоким значением плотности встречаются при дозировании концентрированных растворов серной кислоты и щелочей, которые используются при регенерации ионообменных смол. Жидкие среды с высокой вязкостью перекачиваются при подаче флокулянтов на стадии очистки воды методом коагуляции.

Однако поршневым дозирующим насосам присущи и некоторые недостатки, главным из которых является высокая пульсация, возникающая при подаче дозируемого раствора. Такая пульсация может привести к возникновению в трубопроводах гидравлического удара со всеми вытекающими последствиями. Еще одним недостатком поршневых насосов можно считать высокую вероят-

ность возникновения подтекания дозируемых растворов из-за коррозии поршня при контакте с агрессивными средами. Поэтому для предотвращения этого в некоторых конструкциях поршневых дозирующих насосов используются специальные мембраны, которые предохраняют поршень.

Одним из производителей плунжерных дозирочных насосов, которые применяются для водоподготовки в котельных, является компания Sulzer Pumps Ltd (Швейцария). Эта компания предлагает плунжерные агрегаты серии ST-P-AA/AP в компактном исполнении с головкой из нержавеющей стали. Работа насосов-дозаторов этой серии осуществляется с помощью электродвигателей мощностью  $0,18 \text{ кВт}$ , которые обеспечивают производительность от  $60 \text{ мл/мин}$  до  $72 \text{ л/ч}$ , при этом давление меняется от  $20$  до  $10 \text{ атм}$ .

Самым распространенным видом дозирующих насосов являются мембранные. В них засасывание и нагнетание перекачиваемой среды производится за счет колебательного перемещения мембраны. Деформация мембраны может осуществляться различными способами, одним из которых является механическое ее изгибание в результате перемещения толкателя, приводимого в действие за счет работы синхронных и асинхронных электродвигателей. Механические мембранные дозаторы

характеризуются высокой производительностью, которая может достигать нескольких кубических метров в час, а создаваемое ими давление приближаться к  $100 \text{ атм}$ . Регулировка производительности в таких устройствах выполняется с помощью механических вариаторов.

Известен и другой способ циклической деформации мембраны – периодическое толкание ее соленоидом, которое происходит под действием электромагнитного поля, создаваемого катушкой. Производительность таких мембранных насосов-дозаторов с электромагнитным приводом значительно меньше и часто не превышает  $50 \text{ л/ч}$ .

Одним из производителей дозирочной техники с использованием мембранных насосов является компания Wilo (Германия). Она выпускает серии мембранных дозаторов с маркировкой PR малой, средней и высокой производительности. Общий диапазон изменения производительности меняется от  $80 \text{ мл/мин}$  до  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Создаваемое давление во всех случаях достигает  $3 \text{ атм}$ . Мембранные дозаторы этой серии могут иметь фланцевое или шланговое соединение. Головки дозирующих насосов могут изготавливаться из различных материалов: ПВХ, тефлон, поливинилиденфторид и нержавеющая сталь.

Ведущим разработчиком мембранных дозирочных насосов и дозирочных установок является компания Grundfos (Германия). Этим производителем выпускаются цифровые диафрагменные дозирочные насосы нового поколения DDA, DDC, DDE линейки Smart digital (Рис. 7),

которые предназначены для применения в системе водоподготовки котельных, при очистке и дезинфекции воды, а также на предприятиях ЖКХ. Они способны дозировать жидкие среды с рабочей температурой до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , которые могут обладать повышенным содержанием газа и вязкостью до  $(50 \cdot 10^{-2}) \text{ м}^2/\text{сек}$ . Производительность дозаторов этой серии может меняться в диапазоне от

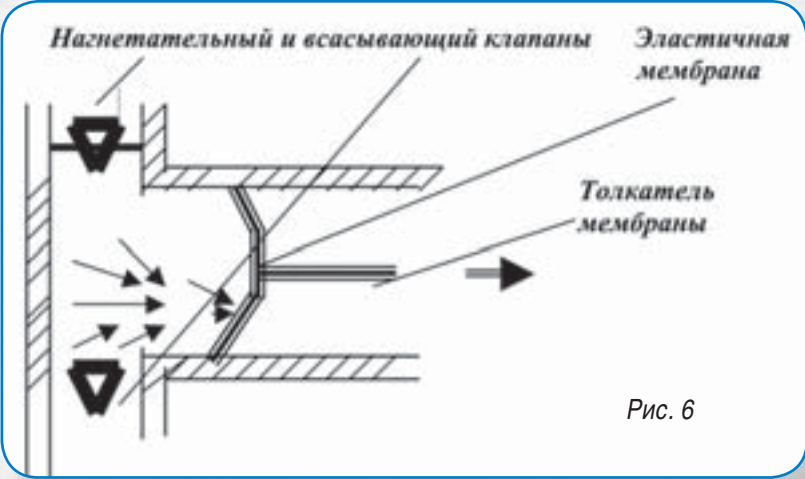


Рис. 6





Рис. 7

0,03 мл/мин до 48 л/ч, при этом создаваемое этими дозаторами давление может достигать 18 атм. Применяются данные дозировочные насосы в системе водоподготовки, при очистке и дезинфекции воды, а также на предприятиях системы ЖКХ – на водоканалах и бассейнах.

Для жидких сред с  $t$  до 100 °С и высокой вязкостью, вплоть до  $100 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup>/сек, рекомендовано использовать диафрагменные механические и гидромеханические насосы серий DMX и DMH, производительность которых может достигать 8 м<sup>3</sup>/ч, а создаваемое ими давление достигает 200 атм. Дозаторы этих серий целесообразно применять для водоподготовки и очистки сточных вод, на установках предприятий теплоэнергетики и в системе ЖКХ при централизованном водоснабжении населения. В этих агрегатах имеется датчик протечки, который сигнализирует о разрыве диафрагмы. Привод снабжен частотным преобразователем. Детали агрегата, которые контактируют с перекачиваемой средой, изготовлены из полипропилена, поливинилиденфторида и нержавеющей стали.

Для дозирования агрессивных растворов, суспензий и эмульсий, которые применяются на стадии химводоподготовки в технологических процессах объектов теплоэнергетики и ЖКХ, специально разработаны дозирующие насосы серии DDS, которые могут осуществлять подачу жидких сред с рабочей  $t$  от -10 до 100 °С. При этом вязкость жидкой системы может повышаться до  $300 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup>/сек. Производительность насосов серии DDS меняется от 0,03 мл/мин и до 0,95 м<sup>3</sup>/ч, а создаваемое при этом напорное давление не должно превышать 200 атм. В состав этих дозировочных установок могут входить различные датчики состояний водной среды: уровня pH водной среды, температуры потока, величины окислительно-восстановительного потенциала, а также измерители концентрации брома, хлора и озона.

В виду того, что в процессах водоподготовки в последние годы произошли значительные изменения, направленные на усовершенствование технологии кондиционирования воды для промышленных котельных, возросли требования и к дозировочным агрегатам. Поэтому на рынке этого вида оборудования возрос спрос к дозировочным агрегатам, которые обладают не только совершенной системой привода и точностью дозирования, но и оснащены системой управления, соединенной с общей системой управления и автоматизации. В связи с этими требованиями компания Grundfos предлагает цифровые дозировочные комплексы серии Smart Digital. Помимо всего прочего, эти дозировочные установки позволяют сократить расходы опасных химических реактивов и тем самым снизить вред для окружающей среды. Необходимо особо отметить, что такие системы очень полезны при осуществлении pH-коррекции воды, используемой при подпитке котлов, а также очистке воды методами коагуляции и флотации.



Реклама

## Точно. Надежно. Просто.

**testo 310. Анализ дымовых газов - это просто.**

- Прочный корпус для решения ежедневных задач
- Ресурс батареи до 10 часов
- Интегрированные меню для измерения:  
дымовых газов, тяги, уровня СО и давления

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



# Водогрейные котлы средней и большой мощности в Интернете

На сайтах ведущих производителей водогрейных котлов подробно рассказывается о выпускаемой продукции: даются технические характеристики, приводятся руководства по монтажу и сервису, сертификаты качества, разрешения, требования к воде и другая информация. Также здесь можно скачать опросные листы, каталоги комплектующих и запчастей, узнать нужные контакты.

<http://www.100mw.ru>

Завод котельного оборудования ОАО «ВОЛЬФ Энерджи Солюшен» – это совместное предприятие с немецким концерном Wolf GmbH, ведущим производителем котельного оборудования, водонагревателей, солнечных коллекторов, тепловых насосов и автоматических систем управления. На сайте размещены подробные сведения о продукции Wolf Energy Solutions, список проектов, реализованных компанией, контактная информация, новости.

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



Русскоязычная версия сайта компании BBS (Германия), осуществляющей разработку, производство и поставку паровых, водогрейных и термомасляных котлов, топков на биомассе, контейнерных котельных, паровых накопителей, экономайзеров и т. д. На сайте можно получить информацию о продукции компании и ее логистических возможностях, узнать адреса партнеров компании в 20 странах и др.

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

Официальный сетевой ресурс ОАО «Бийский котельный завод» – крупнейшего российского предприятия, осуществляющего разработку и производство паровых и водогрейных котлов, вентиляторов и дымососов. Также завод поставляет большое количество дополнительного оборудования для производства и обработки пара, например пароподогреватели. На сайте можно получить исчерпывающую информацию о компании (история, адреса представительств, достижения, контактные данные, новости и т. д.) и ее продукции (технические описания, каталоги запасных частей, референц-листы и прайс-листы), узнать об условиях предоставления сервисных услуг, сделать онлайн-заказ, задать вопрос специалистам завода и т. д.

<http://www.dkm.ru>



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

<http://energomashholding.ru/>



Компания ООО «Энергомашхолдинг» осуществляет проектирование энергетических объектов и поставку котельного оборудования и топлива для него, проведение монтажных, ремонтных и пусконаладочных работ. В ассортименте компании паровые, пароводогрейные и водогрейные котлы, модульные котельные, тягодутьевые машины, оборудование для водоподготовки. На сайте можно получить большое количество информации об услугах и продукции предприятия, скачать прайс-лист, сделать заказ, прочитать статьи, посвященные теплотехнике.



<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.

<http://www.kommun.ru>

На сайте ЗАО «ЦРММ Коммунэнерго» можно найти подробную информацию о выпускаемых водогрейных котлах промышленной мощности, прежде всего о дровяных котлах КВрг и КВрв, о дровяных котлах КВС-ОД мощностью 0,5–1,0 МВт, котлах типа КВС-к мощностью 0,8 МВт (дрова и уголь). Кроме того, предлагаются биотопливные водогрейные котлы, работающие на щепе, опилках, фрезерном торфе – это котлы КВ-Ва и КВСм-ОД мощностью 0,5–1,5 МВт. Также на сайте содержится информация о другом оборудовании, выпускаемом «ЦРММ Коммунэнерго»: теплогенераторах, воздухонагревателях, воздухоосушителях, вихревых топках, термомасляных котлах и др., даются координаты дилеров производителя, приводятся все патенты, сертификаты и разрешения.

<http://www.sibenergomash.com>



ОАО «Сибэнергомаш» производит котлы большой мощности, промышленные вентиляторы и дымоходы, детали трубопроводов, теплообменное оборудование и другую продукцию. На сайте подробно рассказано о продукции и услугах, которые оказывает ОАО «Сибэнергомаш». Также здесь можно узнать о проектах, которые уже были реализованы компанией, и о ее партнерах, получить контактную информацию.

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

ЗАО «Теплоэнергетическая компания» осуществляет поставки парогенерирующего, водогрейного, котельно-вспомогательного, водоподготовительного и насосного оборудования. На сайте можно ознакомиться с техническими характеристиками оборудования, узнать новости о работе компании, получить контактные данные, скачать опросный лист для изготовления транспортабельных котельных установок.

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



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

<http://www.zao-belogorye.ru>



Общий сайт компании «Белогорье» включает три сайта в домене rf: белогорье-тепло.rf, белогорье-хлеб.rf и белогорье-корпус.rf. На странице, посвященной отопительному оборудованию, можно получить техническую информацию о паровых и водогрейных котлах «Белогорье», дизельных горелках и блочно-модульных котельных на основе выпускаемой продукции. На сайте имеются разделы «Проектирование», «Установка», «Обслуживание», также здесь можно прочитать региональные новости теплоэнергетики, оформить подписку на прайс-листы, узнать о новых объектах, реализованных компанией.





Экономия энергии и поиск эффективных способов ее использования относятся к приоритетным задачам современного технического прогресса. Когенерация – один из наиболее рациональных примеров решения этих задач, поскольку когенерационные установки позволяют одновременно получить две формы энергии — электрическую и тепловую, которая в обычных электростанциях просто теряется.

## Когенерация – комплексное решение задач от Spark Energy

**Б**лагодаря своим универсальным качествам когенерационные установки получили широкое распространение в энергетике. Над их разработкой и внедрением работают передовые мировые производители.

Особое место среди ведущих европейских производителей когенерационных установок занимает компания Spark Energy s.r.l. (Италия), которая более 20 лет совершенствует и успешно реализует на мировом энергетическом рынке свою инновационную продукцию. Отвечающая самым строгим требованиям европейских стандартов продукция компании отличается высоким качеством в сочетании с оптимальной ценой и пользуется устойчивым спросом среди европейских и российских энергопотребителей.

Компания ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», являясь эксклюзивным представителем, выполняющим функции представительства в России завода компании Spark Energy s.r.l., предлагает вниманию российских потребителей широкий выбор когенерационных установок Spark Energy, работающих как на природном и сжиженном газе, так и на биогазе. Диапазон электрической мощности установок составляет от 5 до 2000 кВт и тепловой – от 10 до 2112 кВт.

Модельный ряд когенерационных установок Spark Energy представлен 14 моделями серии microSpark с диапазоном электрической мощности от 5 до 63 кВт и тепловой мощности – от 10 до 103 кВт, 13 моделями серии bioSpark электрической мощностью от 25 до 999 кВт и тепловой мощностью

– от 38 до 1044 кВт, а также 19 моделями серии blueSpark с диапазоном электрической мощности от 65 до 2001 кВт и тепловой мощности – от 119 до 1983 кВт.

Модели серии microSpark и blueSpark предназначены для работы на природном или сжиженном газе. При этом серия microSpark ориентирована для индивидуальных и бытовых нужд. Серия установок blueSpark является более универсальной для применения в различных хозяйственно-бытовых и производственных целях.

Когенерационные установки серии bioSpark предназначены для работы на биогазе и наиболее популярны в агропромышленном секторе.

Основными конструктивными элементами когенерационных установок Spark



Energy является двигатель внутреннего сгорания, работающий на природном или сжиженном газе, электрогенератор, система отбора тепла и автоматизированная система управления. Тепло отбирается из выхлопа, масляного радиатора и охлаждающей жидкости двигателя. При этом на 100 кВт электрической мощности потребитель ориентировочно получает 150 кВт тепловой мощности в виде горячей воды для отопления и горячего водоснабжения.

Для своих установок компания Spark Energy использует двигатели таких ведущих мировых производителей, как GM, MAN, MWM и YANMAR.

Установки серии blueSpark и bioSpark могут поставляться как в открытом исполнении (на раме с шумоизолирующим кожухом), так и в закрытом исполнении (в теплоизолированном и шумопоглощающем контейнере).

Для увеличения диапазона использования мощности может применяться одновременно несколько установок, объединенных каскадным подключением. При этом диапазон электрической мощности может быть увеличен до 10,0 МВт, а тепловой до 9,9 МВт.

Автономная работа установки обеспечивает потребителей электроэнергией с более стабильными параметрами по частоте, напряжению, вырабатываемого переменного тока, а также по температуре и расходу горячей воды.

Внедрение когенерационных установок позволяет решить проблемы обеспечения потребителей теплом и электроэнергией без дополнительного строительства мощных линий электропередач и теплотрасс. Приближенность источников к потребителям позволяет значительно снизить потери при передаче энергии и улучшить ее качество, а значит, повысить коэффициент использования энергии исходного топлива.

Когенерационная установка является эффективной альтернативой тепловым сетям благодаря гибкому изменению параметров теплоносителя в зависимости от требований потребителя в любое время года. Она не подвержена зависимости от

экономического состояния дел в крупных теплоэнергетических компаниях.

Основными преимуществами использования когенерационных теплоэлектростанций являются короткие сроки строительства и окупаемости, низкие эксплуатационные расходы на распределительные электрические и тепловые сети, а также низкие потери энергии в сетях, высокая надежность энергоснабжения и минимальная численность эксплуатирующего персонала, возможность регулирования нагрузки за счет системы одновременного использования нескольких агрегатов (каскадное подключение).

Использование когенерационных установок позволяет разгрузить электрические сети, дает возможность подклю-



чения новых потребителей. Капитальные затраты при применении когенерационной установки компенсируются за счет снижения себестоимости энергии в целом. Обычно полная окупаемость капитальных и эксплуатационных затрат происходит после эксплуатации когенерационной электростанции в течение 3–4 лет.

Важным фактором в пользу выбора когенерационных установок Spark Energy является их экологическая безопасность. Они имеют низкий уровень выбросов в атмосферу токсичных веществ и удовлетворяют самым жестким требованиям европейских и российских стандартов.

Успешная реализация с 2007 г. на территории России более 50 проектов по строительству и реконструкции теплоэлектростанций с использованием когенерационных установок Spark Energy, их надежная работа, отсутствие рекламаций при эксплуатации, отлаженное сервисное обслуживание, а также оптимальное соотношение цены и качества продукции убедительно доказывают правильность выбора в пользу продукции компании Spark Energy.

ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» уделяет особое внимание техническому сопровождению проектных, монтажных и наладочных работ путем регулярного размещения публикаций о номенклатуре и технических характеристиках предоставляемой продукции в технических изданиях и справочниках, а также организации технических семинаров для инженерно-технических специалистов на собственной учебно-производственной базе. Для руководителей и ведущих специалистов проектных, монтажных и наладочных организаций проводятся семинары на базе учебного центра компании Spark Energy в Италии. Популярность этих мероприятий свидетельствует о возрастающем интересе к оборудованию компании Spark Energy не только среди российских заказчиков, но и среди специалистов из Казахстана, Узбекистана, Украины и стран Балтии.

Вся продукция Spark Energy s.r.l., представленная на российском рынке компанией ООО «ЭнергоГазИнжиниринг», сертифицирована согласно нормативам, действующим на территории Российской Федерации.

**Ознакомиться с ассортиментом продукции компании Spark Energy s.r.l., получить полную техническую информацию и необходимые сведения о предоставляемых услугах можно, посетив в период с 5 по 8 февраля 2013 г. стенд компании ООО «ЭнергоГазИнжиниринг» на выставке Aqua-Therm 2013 (г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо», пав. 3, зал 15, стенд C206), а также на сайте компании [www.energaz.ru](http://www.energaz.ru).**



# Rosinox® – если нужны оптимальные дымоходы

*Современные дымовые трубы выпускаются из самых разных материалов, таких как керамика, кирпич, сталь, пластик и даже стекло, полностью отвечающие как функциональным, так и эстетическим задачам. На сегодняшний день в России наиболее популярны модульные дымоходы из нержавеющей стали. Такие дымоходы легче кирпичных, они не требуют дополнительного фундамента, с ними проще в установке, они устойчивы к коррозии, долговечны, подходят для работы с различными модификациями котлов, каминов и печей.*

**Д**ымоходы из нержавеющей стали имеют самый широкий спектр применения. Помимо бытового сегмента (камины, бытовые котлы), они используются для дизельгенераторов, газотурбинных и газопоршневых установок, промышленных и отопительных котельных (включая блочно-модульные). Нержавеющие дымоходы обладают всеми параметрами «правильного дымохода», среди которых:

- малый вес элементов, упрощающий их доставку и монтаж;
- возможность эксплуатации в сейсмоопасных регионах;
- удобство обслуживания;
- независимость от конструктивных элементов зданий и возможность полной или частичной замены без крупных финансовых затрат;
- высокие эксплуатационные харак-

теристики, включая работу в широком диапазоне температур, работу в режимах разряжения и избыточного давления, низкое аэродинамическое сопротивление, быстрое преодоление порога конденсатообразования, газо- и паронепроницаемость, а при соблюдении правил эксплуатации – пожаробезопасность и долговечность.

Эстетичность и надежная теплоизоляция позволяют устанавливать стальной модульный дымоход не только внутри, но и снаружи здания, что обеспечивает простоту обслуживания и возможность монтажа в построенном здании. Некоторые виды модульных дымоходов хорошо монтируются внутри старых кирпичных дымовых труб.

Перечисляя достоинства модульных дымоходов из нержавеющей стали, нельзя не упомянуть о возможности сборки газохода (горизонтальной части дымохода) сколь угодно сложной конструкции, имеющей многократные изгибы и проходы через перекрытия. Также при необходимости могут быть применены телескопические удлинения.

Стальные дымоветрубы модульной сборки отличаются гладкостью канала,

что обеспечивает беспрепятственный проход дымовых газов. Круглое сечение канала исключает формирование застойных зон, в которых возникают явления турбулентности и замедление потока газов, ведущее к интенсивному отложению сажи. В нержавеющих дымоходах отложение сажи, как правило, не происходит.

При подборе нужного дымохода перед заказчиком возникает ряд проблем: где его купить, как доставить, как устанавливать, не говоря уже о правильности выбора того или иного дымохода. Ведь от того, насколько эффективно он будет выполнять задачи по вытяжке и удалению продуктов сгорания, зависит работа всего отопительного оборудования в целом. Во избежание ошибок, грозящих обернуться материальными и моральными затратами, лучше обратиться в специализированную компанию по изготовлению дымоходов. Одной из наиболее рекомендуемых фирм является компания Rosinox®, которая занимается производством и продажей дымоходов из нержавеющей стали. Продукция компании отвечает современным технологическим и нормативным требованиям. Полный комплект сертификатов, гарантия не менее 10 лет и зарегистрированная торговая марка – залог качества дымовых труб.

**+7 (495) 363-3854**  
**[www.rosinox-flue.ru](http://www.rosinox-flue.ru)**





При поддержке:



**XI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

# **КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ** **BOILERS AND BURNERS**

**14–17 мая**

Санкт-Петербург **2013**

Место проведения:  
выставочный комплекс  
«Ленэкспо»,  
Санкт-Петербург,  
Большой пр. В.О., 103,  
павильоны 7, 8А

Организатор выставки:



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

Деловые партнеры:



Генеральный  
информационный партнер:



Стратегический  
информационный партнер:

**КОТЕЛЬНЫЕ**  
МАШИНЫ





Группа ведущих отраслевых и академических институтов в области электроэнергетики разработала программу «Модернизация тепловых электростанций на период до 2030 г.». В разделе «Теплофикация и тепловые сети» приведены целевые показатели, дающие представление о путях модернизации и некоторых особенностях сооружения тепловых сетей в ближайшие годы.

# Модернизация тепловых сетей: задачи и приоритеты

Долгосрочный прогноз производства и потребления тепловой энергии учитывает широкое внедрение мероприятий по экономии транспорта тепла: ожидается, что вплоть до 2030 г. производство тепловой энергии будет увеличиваться ежегодно на 0,35–0,6 %, а потребление – на 0,9–1,1 %. Другими словами, разница между производством и потреблением (т.е. потери на транспорт) будет постепенно сокращаться.

Общее производство тепловой энергии в 2005 г. составляло 1977 млн Гкал, а к 2020 г. ожидается увеличение этой цифры до 2000 млн Гкал. Структура производства существенно не изменится: в 2020 г., как и в 2005 г., основное количество тепловой энергии будут

поставлять потребителям ТЭЦ и крупные котельные (мощностью более 20 Гкал/ч). Значительно меньше, как и в настоящее время, будет доля автономных источников тепла, мелких котельных (менее 20 Гкал/ч) и нетрадиционных источников тепла.

Большое внимание в подпрограмме «Модернизация тепловых электростанций» уделено вопросу усовершенствования и повышения надежности тепловых сетей (см. ПКМ № 4 (14) 2012), общая протяженность которых в Российской Федерации уже сейчас составляет более 172 тыс. км. Основным видом прокладки тепловых сетей

(более 90 % общей протяженности) является подземная прокладка в непроходных и проходных каналах. Не только в наши дни, но и в перспективе канальная прокладка будет оставаться основным видом сооружения тепловых сетей.

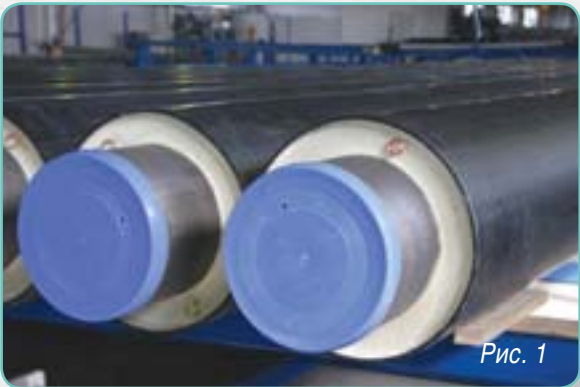


Рис. 1



предпочтение при модернизации тепловых сетей будет отдаваться промышленным полносборным конструкциям.

При прокладке магистральных трубопроводов будут использоваться предварительно изолированные ППУ (пенполимеруретаном) трубопроводы с системой оперативного дистанционного контроля. Для тепловых сетей диаметром до 400 мм предпочтение будет отдаваться трубопроводам в ППУ или ППМ (пенполимерминеральной) изоляции, а для трубопроводов отопления после ЦТП – гибкие трубы Касафлекс производства Группы «Полимертепло» или аналогичные им от других производителей. Системы гибких труб из нержавеющей стали в ППУ-изоляции предназначены для подземной бесканальной прокладки систем отопления. Рабочее давление таких труб – 1,6 МПа, рабочая  $t$  – до 160 °С (рис. 1).

Для трубопроводов горячего водоснабжения будут широко применяться гибкие трубы Изопрофлекс. Это трубы из сшитого полиэтилена в ППУ-изоляции с рабочей  $t$  95 °С и максимальным давлением 1,0 МПа (рис. 2).

Для производства труб в промышленной изоляции уже имеется более 100 предприятий практически во всех федеральных округах. Суммарная производственная мощность этих предприятий – более 10 тыс. км труб в год. Но пока что загрузка производственных мощностей составляет от 30 до 60 %.

На рис. 3 показаны предварительно изолированные ППУ трубопроводы в полной комплектации, готовые к монтажу, для бесканальной прокладки и в оцинкованной оболочке (рис. 4) – для надземной прокладки. Срок службы теплотрасс с такими трубопроводами увеличивается до 30–40 лет, а тепловые потери сокращаются до 2 %. Понятно, что такая конструкция теплопроводов должна значительно сократить расход топлива и электроэнергии. Подсчитано, что при диаметре труб 1020 мм это сокращение на 1 км сетей составит 0,106 %, а при диаметре 530 мм – уже 0,217 %. Падение температуры в первом случае составит всего лишь 0,05 °С/км, во втором – 0,12 °С/км, а при диаметре 219 мм – 0,46 °С/км.



Рис. 2

Время прокладки теплотрассы при использовании таких теплопроводов сокращается в 3–4 раза, капитальные затраты уменьшаются на 15–20 %, а затраты на ремонт снижаются в 3 раза. Но, пожалуй, самое главное достоинство таких тепловых сетей состоит в том, что благодаря обязательной установке системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением тепловой изоляции (СОДК) практически исключается аварийность теплотрасс.

Примером ответственного подхода к решению проблемы надежности теплопроводов может служить МОЭК – Московская объединенная энергетическая компания. Инвестиционный проект «Реконструкция теплосетей», начатый этой компанией несколько лет тому назад, предполагает использование новейших технологий. Эти технологии позволяют резко сократить эксплуата-



Рис. 3

ционные расходы и продлить срок службы трубопроводов до 30–40 лет по сравнению с 8–12 годами при использовании традиционных технологий. Особое внимание будет уделено тепловым сетям с трубами малого диаметра, на долю которых приходится 96 % всех случаев повреждения тепловых сетей.

В общей сложности предполагается реконструкция 4435 км тепловых сетей малого диаметра (до 200 мм). При перекладке изношенных труб будут использованы трубопроводы из сшитого полиэтилена, трубопроводы в пенопо-



Рис. 4

лиуретановой изоляции и трубопроводы из гофрированной нержавеющей стали. Все эти трубопроводы являются гибкими и позволяют осуществлять прокладку с минимумом фасонных деталей. При этом, конечно, значительно упрощаются работы по их монтажу.

Поставщиками новых трубопроводов для реконструкции тепловых сетей, кроме упомянутого выше ООО «Полимертепло», являются такие производители, как ЗАО «Мосфлоулайн», ООО «Флоусистемс», ЗАО «НПО Стройполимер» и филиал ОАО «Мосэнерго» – «МТЭР».

В заключение необходимо отметить, что важным результатом реализации проекта реконструкции трубопроводов является минимизация ущерба окружающей среде: тепловые потери снижаются на 377 тыс. Гкал/год, что эквивалентно выключению источника теплоснабжения мощностью 152 Гкал/ч. Тем самым снижаются вредные выбросы в атмосферу на 104 тыс. т/год.





С 22 по 25 октября в московском ЦВК «Экспоцентр» проходила XI международная специализированная выставка PCVExpo 2012. Мероприятие, организованное группой компаний ITE при содействии Российской ассоциации производителей насосов, в очередной раз подтвердило статус одной из самых авторитетных отраслевых выставок в России и странах Восточной Европы.

## Выставка PCVExpo 2012

**В**ыставка PCVExpo / «Насосы. Компрессоры. Арматура. Приводы и двигатели» объединяет производителей и потребителей промышленной арматуры, промышленных насосов, компрессорной техники, пневматики, приводов, двигателей и уплотнений. Являясь важным событием в сфере промышленности, PCVExpo традиционно проводится при поддержке Правительства Москвы, ТПП, МТПП и Министерства промышленности и торговли РФ. В 2012 г. мероприятие было перенесено из выставочного комплекса «Крокус-Экспо» на площадку ЦВК «Экспоцентр», что позволило привлечь около 6 тыс. посетителей: на территории «Экспоцентра» проводилось сразу несколько промышленных выставок, что дало синергетический эффект, увеличив посещаемость каждого мероприятия.

В тематике выставки PCVExpo традиционно представлено оборудование для теплоэнергетики, водоснабжения и водоотведения, транспортировки и переработки нефти и газа, а также для черной и цветной металлургии. На площади свыше 11 тыс. м<sup>2</sup> разместились стенды более 340 участников из 24 стран мира, среди них такие лидеры отрасли как Ari Armaturen, Bauer Kompressoren, Dalga Kiran, Gardner Denver, Gemue, Hogfors, Kaeser Kompressoren, Rotork Controls, «Арматек», «Приводы АУМА», «БалтПромАрматура», «Благовещенский арматурный завод», «Водоприбор», «Воткинский завод», «Герметика», ГК Magistral, «Группа ГМС», «Курган-спецарматура», «Маршал», «Талнахский механический завод», «Тяжпром-арматура», «Сибирская трубопроводная компания», «Союз-01», «Турбонасос»,





«Эна», «Энергомашкомплект» и многие другие.

Деловая программа выставки PCVExpo традиционно включала ряд мероприятий, организованных отраслевыми ассоциациями РАПН, НПAA и другими организациями: международная научно-техническая конференция «EcoPump 2012 InnoValve», межотраслевая экспертная сессия (МЭС), конференция «Компрессорная техника и пневматика», семинар «Особенности изготовления насосного оборудования для АЭС», а также вручения почетных знаков и наград компаниям и отраслевым специалистам.

### Котельная арматура «ПромАрма»



Далеко за территорию стенда компании «ПромАрма» «вышагнул» регулирующий всережимный клапан питания котла С.КРПК-100-00-00-Э (клапан, регулирующий питание котла диаметром 100 мм, приводимый электродвигателем МЭОФ). Данный клапан рассчитан на работу с водой максимальной  $t$  до 280 °С при давлении до 250 бар. Также неподалеку от стенда «ПромАрма» демонстрировался регулирующий клапан поворотного типа со встроенным электроприводом Р 1223-100-00-00-Э, выпущенный диаметром 100 мм, работающий при максимальной  $t$  рабочей среды (воды и пара) до 300 °С и максимальном давлении до 100 бар. Присоединение к трубопроводу у обоих агрегатов предполагается под приварку.

### Промышленная арматура КСА



На стенде ЗАО «Курганспецарматура» экспонировался широкий ассортимент арматуры под маркой КСА (фирменный цвет – темно-синий металл), предназначенной для промышленности и энергетики. Это клиновые задвижки малого (15–40 мм), среднего (50–250 мм) и большого диаметра (300–500 мм), работающие при давлении от 16 до 250 бар (задвижки большого диаметра – до 100 бар). Обратные клапаны КСА, рассчитанные на большое давление (16–250 бар), были представлены в диапазоне условного прохода от 15 до 250 мм. Также на стенде были представлены запорные клапаны большого давления (16–250 бар), выпускаемые диаметром 6–25 мм, и запорные сильфонные клапаны диаметром от 10 до 150 мм, работающие при давлении от 10 до 40 бар. Соединение предлагается в основном фланцевое и муфтовое, а для арматуры больших диаметров – под приварку.

### Дозировочные насосы ТМЗ

Стенд ЗАО «Талнахский механический завод» привлекал внимание ярким оранжевым цветом представленных электронасосов-дозаторов. Это дозировочные агрегаты плунжерного и мембранного типа, а также модульные установки на их основе, предназначенные для объемного напорного дозирования нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий с кинематической вязкостью от  $3,5 \times 10^{-7}$  до  $8 \times 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с (от

0,0035 до 8 Ст) и с максимальной плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup>. Рабочая  $t$  у плунжерных насосов находится в пределах от –45 до +150 °С, у мембранных – от –15 до +100 °С. Концентрация твердой неабразивной массы у дозаторов плунжерного типа может достигать 10 %, у дозаторов мембранного типа – 0,2 % (при этом величина зерна твердой неабразивной фазы не должна превышать 1 % от диаметра условного прохода присоединительных



патрубков). В зависимости от мощности электродвигателя и номинальной подачи среды предельное давление нагнетания может достигать 400 бар. Средний ресурс дозировочных установок ТМЗ составляет 20 тыс. ч до капитального ремонта, заявленный производителем срок службы предполагается в 10 лет.

### Новинки от «Тяжпромарматуры»

На протяжении последних лет ЗАО «Тяжпромарматура» (г. Алексин, Тульская обл.) ведет работы по освоению новой продукции: электрогидроприводов для шаровых кранов большого диаметра (до 1400 мм), шаровых кранов диаметром от 50 до 700 мм, предназначенных для сред с большим давлением (до 160 бар) и повышенным содержанием метанола и сероводорода, а также обратных затворов для топливно-энергетического комплекса диаметром от 300 до 1200 мм, выдерживающих давление до 125 бар. На стенде компании был представлен один из образцов разрабатываемой продукции – элек-





трогидропривод КНПГ.ЭГП. Также демонстрировался шаровой кран серии МА39025 диаметром 500 мм, оснащенный пневмогидроприводом – один из самых узнаваемых агрегатов в ассортименте «Тяжпромарматуры».

### Новый водосчетчик от «Водоприбора»



ОАО УК «Завод Водоприбор» продемонстрировал на своем стенде одну из последних разработок – турбинный счетчик холодной воды ВВ-65 с гидро-

динамически разгруженной турбиной, соответствующий метрологическому классу С по ГОСТу Р 50193.1. При диаметре 65 мм новинка обладает пропускной способностью 50 м³/ч, способна выдерживать давление до 16 бар. Рабочая температура пропускаемой питьевой воды составляет от 5 до 50 °С. Турбинный водосчетчик ВВ-65 имеет электронное индикаторное устройство, может работать при любом расположении на трубопроводе.

### Арматура из Украины

ООО «Луганский завод трубопроводной арматуры» (Украина), известный



на российском рынке под торговой маркой «Маршал», представил на PCVExpo 2012 широкую линейку шаровых запорных кранов, предназначенных для систем тепло- водоснабжения и газораспределения. Шаровые краны ТМ «Маршал» производятся в диапазоне диаметров от 10 до 500 мм для давлений 16, 25, 40 и 100 бар. По исполнению различаются краны шаровые межфланцевые (укороченная строительная длина), фланцевые, резьбовые, цельносварные, разборные, с удлиненным штоком. С октября 2012 г. предприятие открывает серийное производство линейки стальных клиновых задвижек 30с41нж диаметром от 50 до 300 мм, рассчитанных на давление 16 бар, и дисковых поворотных затворов в диапазоне диаметров от 50 до 150 мм.

### Приводы из Кореи



В ассортименте компании «СПД «Бирс» (г. Чебоксары, Чувашская республика) привлекали внимание электрические приводы производства Emico (Южная Корея). Это поворотный привод серии NA с интегрированной системой управления E-matic, которая осуществляет до 16 функций по контролю и настройке параметров электропривода (а также опционально может использовать цифровые протоколы обмена данными), и запорно-регулирующий привод модельного ряда NA-SR, в котором помимо стандартного регулирования реализована функция аварийного запираания (отпирания) поворотной арматуры. Также на стенде «СПД «Бирс» был представлен пневматический привод производства Onetork (Южная Корея) серии SD/SS с кривошипной передачей, оснащенный электропневматическим позиционером YT1000 производства Young Tech Co (YTC, Южная Корея), который управляет пневмоприводом по входящим аналоговым сигналам 4–20 мА.

### Дисковые затворы из Финляндии

Компания Hogfors OY (Финляндия) представила на своем стенде дископоворотный затвор Hogfors 31300 из углеродистой стали со сварным типом присоединения, разработанный для применения в сетях теплофикации и центрального охлаждения, а также для использования в ответственных промышленных трубопроводах, в том числе на предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Сварной корпус затвора изготовлен из углеродистой стали; материал двухэк-





сцентричного диска и штока – нержавеющей сталь. Заменяемое кольцо уплотнения изготовлено из нержавеющей стали с покрытием из хрома. Уплотнение штока – подтягиваемые графитовые уплотнения и О-образные кольца, которые можно заменять, не снимая затвор с трубопровода. Номинальные размеры Hogfors 31300 находятся в пределах 200–1400 мм, номинальное давление составляет 25 бар. Рабочая  $t$  пропускаемой среды для диаметров 20–1000 мм варьируется в пределах от  $-40$  до  $+260$  °C, для диаметров 1200–1400 мм – от  $-20$  до  $+260$  °C.

### Промышленные задвижки из Сибири



ООО «Сибирская трубопроводная компания», в 2012 г. отмечающая свое десятилетие, украсила свою экспозицию

большой (диаметром 400 мм) стальной клиновой задвижкой 30с927нж, окрашенной в фирменный цвет «зеленый металлик». Серия таких запорных устройств предназначена для трубопроводов, транспортирующих воду, пар с  $t$  до 300 °C, а также нефть и нефтепродукты при  $t$  до 425 °C. Задвижки выпускаются диаметром от 50 до 1000 мм, рассчитаны на давление 16–25 бар. Управление осуществляется с помощью электропривода или редуктора; присоединение к трубопроводу предлагается фланцевое или под приварку.

### Арматурное изобилие из Башкирии



Стенд ОАО «Благовещенский арматурный завод» (БАЗ, г. Благовещенск, Республика Башкортостан) наряду с индустриальной эстетикой дизайна привлекал большим разнообразием представленных образцов арматуры, предназначенной для промышленности, энергетики и топливно-энергетического сектора. Это предохранительные пружинные клапаны, выпускаемые в диапазоне диаметров от 25 до 200 мм для работы с давлением от 16 до 160 бар, клиновые литые задвижки, выпускаемые в диапазоне диаметров от 50 до 800 мм и рассчитанные для работы с давлением от 16 до 250 бар, блоки предохранительных клапанов с переключающими устройствами, выпускаемые в диапазоне диаметров от 25 до

300 мм для работы с давлением от 16 до 160 бар, обратные поворотные клапаны в диапазоне диаметров от 50 до 400 мм, рассчитанные для работы с давлением от 16 до 160 бар и другая промышленная арматура.

### Эластичное регулирование из Санкт-Петербурга

На выставке PCVExpo 2012 компания «БалтПромАрматура» (Санкт-Петербург) демонстрировала полнопроходную шланговую задвижку БПА98014, в которой в отличие от традиционных видов запорных устройств при закрытии пережимается патрубков из эластомера, тем самым перекрывая проходное сечение. Открытие-закрытие устройства может осуществляться различными видами приводов: ручным, пневмо- или электрическим. Задвижка выпускается в диаметрах 100 и 150 мм и рассчитана на давление 6 бар. В числе ее преимуществ: минимальное сопротивление потоку и возможность его плавного регулирования, способность к самоочи-



щению, отсутствие застойных зон, полная изоляция корпуса и пережимного механизма от контакта с рабочей средой, герметичность затвора по классу «А» ГОСТ 9544 даже на сильнозагрязненных средах в течение всего срока эксплуатации, а также отсутствие сальниковых и дополнительных межфланцевых уплотнений.



## «Вода в промышленности – 2012»

*С 30 по 31 октября 2012 г. в Москве в гостиничном комплексе «Измайлово» проходила III Межотраслевая конференция «Вода в промышленности – 2012», посвященная современному водоочистному и водоподготовительному оборудованию, технологиям фильтрования, отстаивания, ультрафиолета, абсорбции, озонирования, глубокого окисления, автоматизации систем водоснабжения, а также приборам контроля качества воды, насосам, арматуре и др.*

В конференции участвовало более 200 представителей ведущих промышленных предприятий, энергетики, производителей водоочистного оборудования, инжиниринговых и сервисных компаний, НИИ и проектных институтов. Открылась конференция вступительным словом директора по маркетингу ООО «ИНТЕХЭКО» Алексея Ермакова. В обширной повестке дня конференции было много выступлений, близких к тематическому профилю нашего журнала.

О новейших разработках компании WEDECO в области обработки воды ультрафиолетовым излучением – УФ-лампах ECORAY, УФ-системах QUADRON и DURON рассказал ведущий специалист по ультрафиолетовому оборудованию ООО «ВЕДЕКО Центр» Артем Иванов.

В последние годы отечественные проектные институты и конструкторские бюро все активнее используют в трубопроводных системах резинокордные компенсаторы для компенсации температурных расширений и компенсаций осевых, сдвиговых и угловых перемещений. Об опыте применения резинокордных компенсаторов в промышленности в своем выступлении сообщил технический директор ООО «Кронштадт» Петр Антонов.

С докладом «Измерение и учет воды с применением приборов фирмы KROHNE» выступил директор сервисного центра ООО «КРОНЕ Инжиниринг» Анатолий Лазовский. Он представил линейку электромагнитных расходомеров OPTIFLUX, WATERFLUX, TIDALFLUX.

Компания WEDECO является мировым лидером в производстве оборудования для получения озона. При этом значительную долю прибыли от продаж компания инвестирует в разработку высокотехнологичного оборудования по очистке воды.

Ведущий специалист по озонотехнологиям ООО «ВЕДЕКО Центр» Алексей Кузьминкин поделился информацией о новых генераторах озона WEDECO (технология Effizon®EVO). В новых генераторах озона были изменены и оптимизированы практически все узлы и агрегаты. Технология Effizon®EVO позволяет достигать максимальной производительности генератора при температуре охлаждающей воды до 35 °С, при высочайшем уровне надежности и энергоэффективности.

Ведущий технолог ЗАО «Ионообменные технологии» Ирина Устимова в своем выступлении отметила, что развитие промышленности ужесточает требования к воде, поступающей на технологические процессы. Примером может служить энергетика. Согласно нормам ПТЭ от 19 июня 2003 г. № 229 для обессоленной воды для подпитки паросилового цикла пп. 4.8.33 для котлов с естественной циркуляцией с давлением 13,8 МПа и прямоточных котлов сверхкритического давления достаточно было иметь удельную электропроводимость 2,0 и 0,5 мкСм/см соответственно. Утвержденный в 2009 г. СТО, в пп. 4.2.2 представил более жесткие требования к качеству добавочной воды уже для котлов с естественной циркуляцией, работающих при давлении ниже 6,9 МПа. Согласно СТО, удельная электрическая проводимость добавочной воды должна быть 0,2 мкСм/см. Поэтому подход к выбо-



ру схемы очистки воды должен быть комплексным, направленным на обязательную оценку качества исходной воды, удовлетворение более жестких нормативов качества, и должен осуществляться после технико-экономического обоснования, в результате которого определяется наиболее экономичная технология обессоливания для данного региона и производства.

В выступлении Евгения Казимирова, директора по научно-техническим вопросам ООО «АЗОВ», и Олега Казимирова, генерального директора ОАО «Дизель» был раскрыт затратный аспект в действующих водооборотных системах охлаж-



дения и оптимальное решение проблемы накипеобразования. Известно, что перерасход топлива на энергообъектах при наличии слоя накипи в 1 мм оценивается в нормативных документах – 2 %, а по данным обследования реальных объектов может достигать 8 %. Для водооборотных систем охлаждения с использованием охлаждающих градирен энергопотери выражаются в основном перерасходом подпиточной воды. Согласно данным обследования работы химического цеха (г. Дзержинск), использующего оборотную воду для поддержания оптимальной температуры в реакторах, при наличии роста отложений накипи на теплопередающей поверхности примерно в 2 раза увеличивался расход охлаждающей воды. Технологическая необходимость перерасхода охлаждающей воды при наличии накипи приводит к необходимости установки сетевых насосов повышенной производительности. Еще один элемент затрат связан с потребностью чистки теплопередающих поверхностей от накипи. Кроме того, из-за частых механических или химических чисток сокращается срок службы оборудования. Авторы предложили несколько выгодных технических решений водооборотных систем охлаждения.

Менеджер по продукции FIP ООО «Глинвед Раша» Виталий Удовенко в своем выступлении затронул тему использования полимерных трубопроводов и арматуры в современных системах водоподготовки. Одно из основных преимуществ полимерных систем трубопроводов – инертность материалов. Поскольку материал не вступает в реакции с транспортируемой средой, сохраняется ее химический состав. Кроме того, в полимерных трубопроводах не происходит размножение болезнетворных бактерий и зарастания внутренней поверхности. Экономическая составляющая является не менее важной: стоимость трубопроводов из ПВХ, ПП или хлорированного поливинилхлорида (ХПВХ) в разы ниже, чем труб из высококачественной нержавеющей стали.

Сотрудники ЗАО «Научно-производственное предприятие «Объединенные водные технологии» рассказали об отечественных разработках при модерни-



зации водоподготовительных установок. В нашей стране практически все предприятия и предприятия водоканалов были построены в период 50–80-х гг. прошлого века, поэтому физический износ основного водоподготовительного оборудования по современным понятиям составляет 100–200 %. При этом на многих водоподготовительных установках (ВПУ) из-за традиционной российской практики «остаточного финансирования» практически отсутствуют приборы КИПиА, нарушается нормативная регулярность замены фильтрующих материалов, используется устаревшая и ненадежная запорная арматура, не выполняются работы по противокоррозионной защите внутренних поверхностей фильтрования и т. п. Все это приводит к высоким эксплуатационным затратам и к повышению тарифов на водоснабжение, водоотведение, электро- и теплоснабжение. В последнее десятилетие на отечественном рынке широко рекламируются и внедряются импортные мембранные технологии, чьим преимуществом являются сжатые сроки монтажа за счет блочной поставки, практически полная автоматизация водоподготовительных установок, сокращение в 3–4 раза потребности традиционных химических реагентов. Однако мембранные технологии по сравнению с традиционными технологиями имеют ряд недостатков, которые ведут к тому, что модернизация отечественных ВПУ по зарубежным технологиям становится убыточной.

Специалистами ЗАО «НПП «ОВТ» разработан и внедрен ряд технологий

и устройств, позволяющих значительно снизить эксплуатационные затраты ВПУ при низких капитальных затратах за счет максимального использования отечественного оборудования и материалов.

С опытом возведения установок водоподготовки на предприятиях энергетического комплекса с участниками конференции поделились ведущий менеджер проектов компании Хагер +Эльзессер ГмбХ (Штутгарт) Ойген Мартенс и заместитель генерального директора ООО «СХ+Е Восток» Евгений Светличный. На целлюлозно-бумажном комбинате в связи с модернизацией и вводом в эксплуатацию нового котла высокого давления (92 бар) возникла потребность в глубоко обессоленной воде в количестве до 400 м<sup>3</sup>/ч с электропроводностью не более 0,1 мкСм/см и содержанием кремниевой кислоты SiO<sub>2</sub> не более 10 мкг/л. В качестве исходного сырья для приготовления глубоко обессоленной воды было предложено использовать образующиеся на данном предприятии конденсаты со следующими характеристиками: t до 90 °С, жесткость 0,2–1,0 мкг-экв/л, железо 10–60 мкг/л, медь 0,2–2 мкг/л, кремниевая кислота 12–36 мкг/л, окисляемость 0,4–2,4 мгО/л, содержание нефтепродуктов менее 0,3 мг/л.

В качестве схемы очистки конденсатов была принята схема, состоящая из следующих основных элементов: узел рекуперации тепловой энергии конденсата; узел микрофильтрации с применением картриджных фильтров нового поколения; фильтры смешанного действия с внутренней регенерацией. Основными целями проекта являлось достижение оптимального соотношения по качеству, срокам и стоимости при полной автоматизации процесса. За гарантийный период не было установлено ни одной поломки. Параметры очищенного конденсата соответствуют договорной спецификации.

Менеджер по продажам в России и СНГ ООО «ДжиИ Рус» Богдан Борисов рассказал о новинках General Electric в области водоподготовки, очистки стоков (мембранный биореактор) и водосбережения. В целом можно выделить три сферы применения мембранных техноло-



гий в области обработки воды. Две из них присутствуют на рынке уже достаточно давно. Это мембранные системы водоподготовки (микро-, ультра- и нанофильтрация, обратный осмос, электродиализ и электродеионизация) и системы очистки сточных вод на основе мембранного био-реактора (МБР).

Третья сфера – это технология нетермической обработки осмотического концентрата (NTBC) корпорации GE, запущенная с июля 2012 г. пока только для пищевой промышленности. Технология основана на принципе электродиализа и контролируемого формирования соляного осадка. Она позволяет получить выход очищенной воды на уровне более 99 % от исходного потока без выпаривания, что многократно снижает капитальные и энергетические затраты. В сочетании с МБР данная технология может обеспечить полностью замкнутый цикл водоснабжения.

С докладом «Инновационные покрытия РОКОР® для наружной и внутренней защиты баков цехов химводоподготовки от коррозии» выступил начальник отдела отраслевого развития ООО «НПО РОКОР» Иосиф Вульфович. Инновационные покрытия РОКОР® разработаны на основе новой концепции многослойных селективных покрытий для высокоагрессивных сред и сложных условий. Покрытие РОКОР® работает по принципу избирательно разделяющей мембраны и связывает потоки компонентов агрессивной технологической среды.

Руководитель научно-технической службы сорбционных и химических технологий ОАО «Сорбент» Евгения Зорина рассказала о применении активированного угля (АУ) в водоподготовке.

На сегодняшний день общепризнанным является тот факт, что применение АУ в технологиях водоочистки – неременное условие достижения качества питьевой воды, отвечающей требованиям действующих стандартов. Для реализации угледсорбционных методов в процессе водоподготовки ОАО «Сорбент» разработан и освоен серийный выпуск трех типов АУ парогазовой активации: гранулированных на каменноугольной основе, дробленых на основе скорлупы кокоса и древесины и



порошкообразных на древесной и каменноугольной основе. Преимуществом использования углей парогазовой активации по сравнению с химической при проведении жидкофазных процессов является то, что они при длительном контакте с очищаемой водой не вносят дополнительного загрязнения.

Адсорбционный метод очистки воды путем фильтрования ее через слой угля наиболее эффективен и рационален при работе в областях малых концентраций загрязняющих веществ и обычно используется на окончательной стадии водоподготовки после первичного обеззараживания воды методом хлорирования или озонирования.

Обзор эффективных технологических решений в области современной аппаратной и реагентной водоподготовки провели специалисты ООО «Гидротехинжиниринг». В настоящий момент в России реализуются масштабные проекты по внедрению новых высокотехнологических парогазовых установок (ПГУ) и производству композитных материалов (углеволокно, геосинтетика и т. п.). В энергетике это позволяет значительно увеличить КПД по сравнению с традиционными паротурбинными установками, а значит снизить расход топлива, себестоимость электроэнергии и экологическую нагрузку на окружающую среду; в сфере нанотехнологий – улучшить качество продукции и снизить себестоимость. В связи с этим требования к добавочной воде также возрастают: для энергоблоков вместо требуемой ранее электропроводности добавочной воды для энергоблоков сверхкритических параметров

менее 0,3 мкСм/см парогазовые энергоблоки выдвигают требование к добавочной воде по электропроводности менее 0,2 мкСм/см; для производства композитных материалов требуемая электропроводность добавочной воды не менее 13–18 МОм.

Традиционно, для обеспечения качества добавочной воды на водоподготовительных установках использовалась традиционная схема: ионный обмен → ФСД → полировочная (третья) ступень – ФСД.

Однако повышенные требования к обессоленному фильтрату повлекут за собой снижение фильтроцикла, что в конечном итоге приведет к увеличению эксплуатационных затрат и снижению надежности работы установки. Поэтому специалистами компании «Гидротехинжиниринг» была освоена современная, высокоэффективная технология электродеионизации (ЭДИ).

В холлах конференц-залов проводилась выставка «Инновационные технологии и оборудование для водоподготовки, водоочистки и водоснабжения промышленных предприятий», на стендах которой делегаты смогли познакомиться с оборудованием компаний: ООО «ВЕДЕКО Центр», ЗАО «Флотенк», ООО НПО «ЭкоВодИнжиниринг», ООО «ТД ГалаХим», ЗАО «Юнимет», ООО «Спектроника», ООО «НПО РОКОР», ООО «ТИ-Системс», ЗАО «Коминвест-АКМТ», Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH, ООО «ИНТЕХЭКО», ООО «ТД «Пенетрон-Россия», ЗАО «Ионообменные технологии» и др.



**5–8 ФЕВРАЛЯ**

Крокус Экспо • Москва



# **AQUA-THERM MOSCOW 2013**

**Новые перспективы развития Вашего бизнеса!**

**World of  
Water & Spa**

## **17-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА**

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

Специальный проект:



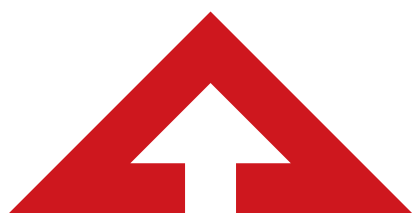
Организаторы:



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



# ПОДПИСКА – 2013



**Уважаемые читатели!**

**Оформите подписку на 2013 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 для юридических лиц 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

ИНН/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.



**ЗАКАЗАТЬ ЛИТЕРАТУРУ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ :**  
**(495) 751-39-66, 752-17-01, 751-39-66**  
**e-mail:book@aqua-therm.ru www.AQUA-THERM.RU**

#### **Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы**

Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов вузов и колледжей по специальности «Тепловые электростанции».

В книге систематизированы и обобщены сведения о первой части технологического цикла тепловой электростанции: подготовке различных видов топлива к сжиганию, организации топочного процесса, получении перегретого пара в котельных установках различных конструкций. Приведены особенности эксплуатации паровых котлов на разных видах органического топлива.



#### **Осветлители воды**

В книге рассмотрены технология работы осветлителей воды, закономерности происходящих в них процессов, методики расчета, проектирования и эксплуатации этих аппаратов. Приведены конструктивные решения и освещены методы повышения эффективности работы осветлителей.



#### **Диск водоподготовка «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ»**

На диске находятся статьи, посвященные водоподготовке в промышленных котельных и мини-ТЭЦ. Темы статей — борьба с коррозией и отложениями, химическая водоподготовка, нехимические методы обработки воды, баромембранная и ионообменная фильтрация. Кроме того, на диске есть раздел, в который вошли материалы о нормативах для сточных вод.



#### **Русская отопительно-вентиляционная техника**

Современный человек привык к комфорту. За последние десятилетия в наш быт прочно вошло множество технических решений, обеспечивающих его везде, где бы мы ни находились: дома, в офисе, магазине или театре. На фоне «умных» приборов и сложных климатических систем XXI века многие устройства предшествующих столетий кажутся примитивными. Но не следует забывать, что в основе сегодняшнего прогресса лежат сооружения и приспособления, которыми пользовались наши предки и которым посвящено это издание. Эта книга давно разошлась на цитаты, на нее ссылаются многие весьма уважаемые авторы в монографиях и учебниках.

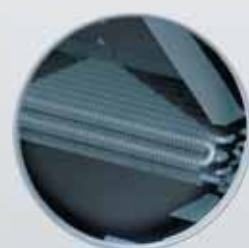




# Unical®

## ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

www.unicalag.ru



### Двухходовые паровые котлы высокого давления

BAHR'12/15  
BAHR'12/15 HP  
BAHR'12/15 HP EC

14 моделей

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

### Трехходовые паровые котлы высокого давления

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

27 моделей

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

### Двухходовые паровые котлы низкого давления

BAHR'UNO  
BAHR'UNO HP  
BAHR'UNO HP EC

15 моделей

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

### Атмосферные деаэраторы DEAR

10 моделей

Производительностью  
от 500 до 10 000 кг/ч

Авторизованный сервисно-дилерский центр,  
официальный партнер компании UNICAL AG S.p.A. в России  
ООО «ЭнергоГазИнжиниринг»

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