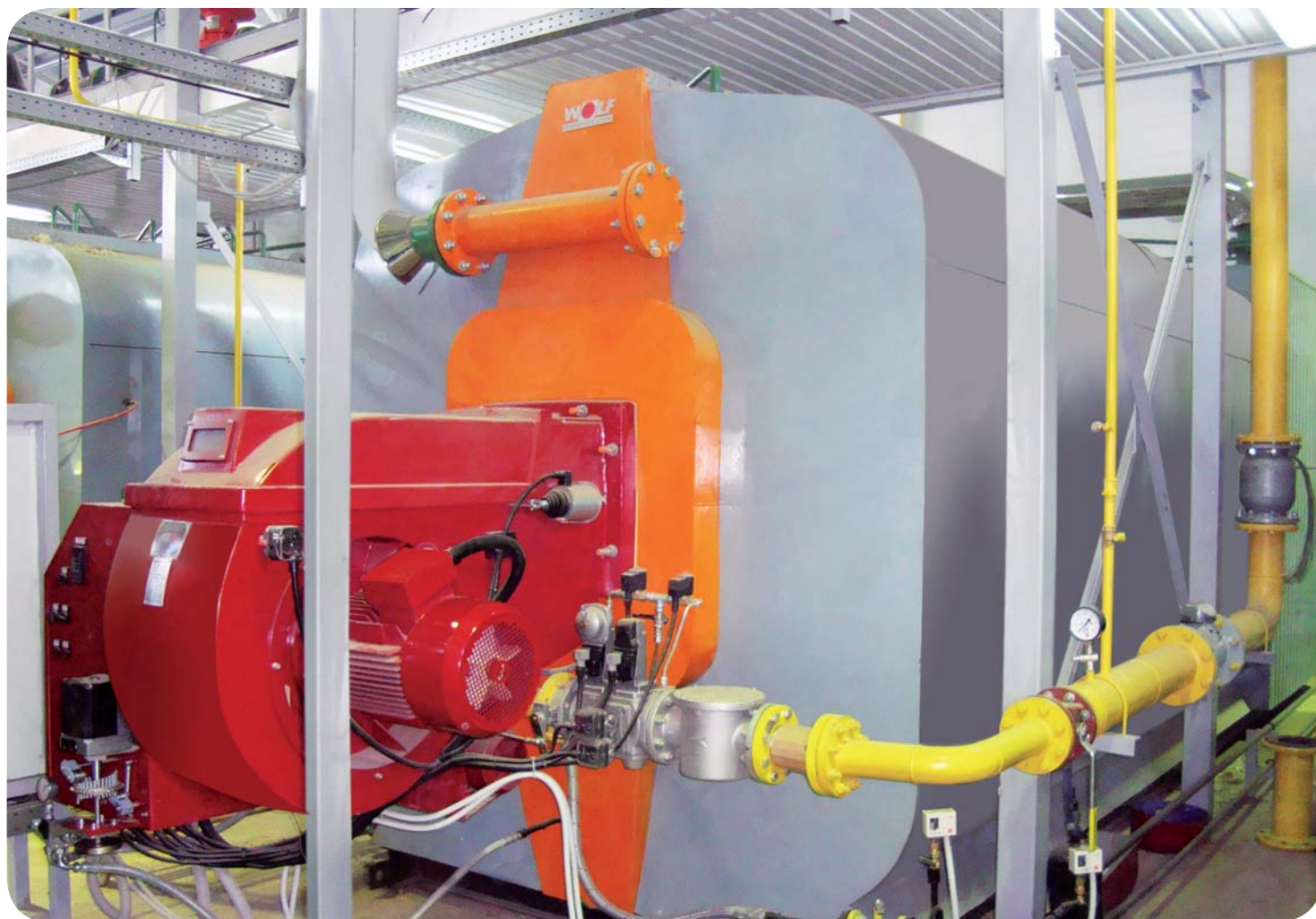


ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

1' 2010

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



## Когенерация

Гидравлические  
схемы мини-ТЭЦ

34

## Обзор рынка

Газопоршневые  
мини-ТЭЦ

46

## Водоподготовка

Об эффективности  
термических  
деаэраторов воды

56



## Реализовано более 25 проектов строительства МИНИ-ТЭЦ



### 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



### Уважаемые коллеги!

Рада представить вашему вниманию второй выпуск журнала «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ». Пилотный номер, изданный нами в декабре прошлого года, был с интересом встречен профессиональной аудиторией – не только специалистами-энергетиками, но и представителями управляющих компаний, муниципалитетов, застройщиками. Мысль о переходе на автономное энергоснабжение или выборе его в качестве исходного варианта приходит к ним все чаще и чаще.

Структура журнала разработана таким образом, чтобы информировать читателя не только о новых технологиях и оборудовании, но и о наиболее интересных объектах в области автономного энергоснабжения – новых и реконструированных. Каждый такой объект уникален, и если вы хотите со страниц нашего журнала поделиться своим опытом с коллегами – смело обращайтесь в редакцию!

Тираж пилотного номера разошелся быстро. Многие специалисты охотно пользуются возможностью «скачать» на сайте [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru) его электронную версию. Приятно, что наши отношения с читателями приобретают интерактивный характер. Нам пишут и звонят, высказываясь о публикациях, предлагая новые темы и направления. Мы очень рады этому. Давайте делать журнал вместе!

А в «Вопросах специалисту» на нашем сайте появилась «Страничка юриста». Обращайтесь, помогает!

*Лариса Шкарубо, директор ИД «Аква-Терм»*

## Содержание

- 2** Новости
- 8** Автоматика для современной котельной
- 12** Автоматизация котельных: решения Siemens
- 14** Новые горелки для старых котлов
- 16** Вихревые топки для растительных отходов
- 18** Древесные отходы вместо угля
- 20** Выбор парового котла: прямоточный или жаротрубный?
- 24** Малогабаритные энергонапряженные паровые котлы СКБК
- 28** Для проектирования котельных: «3D Энерготехника»
- 32** Газопоршневые мини-ТЭЦ
- 34** Гидравлические схемы мини-ТЭЦ
- 37** Тригенерация в Брянске
- 38** Мини-ТЭЦ на пропан-бутане
- 42** Попутный нефтяной газ как топливо
- 44** ГТУ Opra на Южно-Русском нефтегазовом месторождении
- 46** Газопоршневые мини-ТЭЦ на российском рынке
- 52** Газопоршневые мини-ТЭЦ в Интернете
- 56** Об энергетической эффективности термических деаэраторов воды
- 58** О сепараторах продувки паровых котлов
- 62** О технологическом присоединении к электрическим сетям

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

Главный редактор  
Михаил Лукьянцев  
[lukyantsev@aqua-therm.ru](mailto:lukyantsev@aqua-therm.ru)

Выпускающий редактор  
Ольга Синицына  
Научный консультант  
Яков Резник  
Служба рекламы и маркетинга

Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66  
Ольга Попова  
E-mail: [market@aqua-therm.ru](mailto:market@aqua-therm.ru)  
Михаил Илюшкин  
E-mail: [book@aqua-therm.ru](mailto:book@aqua-therm.ru)

Члены редакционного совета  
Р. Я. Ширяев, генеральный директор  
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,  
президент клуба теплоэнергетиков  
«Флогистон»  
Н.Н. Турбанов, технический директор  
Группы компаний «Рэинбоу»

В.Р. Котлер, к. т. н., заслуженный  
энергетик РФ, ведущий научный  
сотрудник Всероссийского  
теплотехнического института,  
лауреат премии РФ в области науки  
и техники  
В.В. Чернышев, начальник отдела  
котлонадзора и надзора  
за подъемными сооружениями  
Федеральной службы  
по экологическому,  
технологическому  
и атомному надзору

Учредитель журнала  
ООО «Издательский Дом «Аква-Терм»  
Тираж отпечатан в типографии  
ООО «Лига-Принт»

Полное или частичное воспроизведение  
или размножение каким бы то ни было  
способом материалов, опубликованных  
в настоящем издании, допускается толь-  
ко с письменного разрешения редакции.

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

Фото на 1-й стр. обложки: водотрубный  
водогрейный котел Eurotherm-7/115  
производства ОАО «Вольф Энерджи  
Солюшен» (Россия). Котельная мощ-  
ностью 30 МВт в Осташкове (Тверская  
обл.)

## Новости ОАО «Вольф Энерджи Солюшен»

В феврале этого года завод котельного оборудования «Вольф Энерджи Солюшен» сообщил о завершении конструкторской разработки и подготовки к серийному выпуску водотрубного газоплотного котла Eurotherm-17 номинальной тепловой мощностью 17,44 МВт. Он предназначен для производства горячей (температура – до 115 °С) и перегретой (до 150 °С) воды с рабочим давлением до 1,3 МПа. Предусмотрено оснащение котла наддувными горелочными устройствами как импортными, так и отечественными. Разработка Eurotherm-17 позволила предложить проектным и монтажным организациям, а также конечным заказчикам удобное и выгодное решение в диапазоне мощности от 11 до 23 МВт. В настоящее время новый котел заложен в ряд проектов, которые готовятся к реализации в течение года. Поставка будет осуществляться единым транспортным блоком: на раме в тепловой изоляции и декоративной обшивке.

Из других новостей предприятия: в декабре прошлого года в Кимрах (Тверская обл.) введена в эксплуатацию районная котельная мощностью 70 МВт, работающая на природном газе. В ней установлены четыре котла: два Eurotherm-23 (единичная мощность – 23,26 МВт) и два Eurotherm-11 (11,56 МВт). Теплогенераторы оснащены современными комбинированными («газ – жидкое топливо») наддувными горелками германского производства. В феврале на объекте проведены режимно-наладочные работы.

Также в феврале в Реутове (Московская область) завершены монтажные работы на первой очереди котельной Реутовских тепловых сетей мощностью 140 МВт. В ней установлено три котла Eurotherm-23 мощностью 23,26 МВт каждый, оснащенные комбинированными горелочными устройствами итальянского производства. Ввод новой котельной в эксплуатацию запланирован на весну этого года.



## Arca Caldaie представляет

С конца прошлого года начались поставки на российский рынок двух новых серий двухходовых стальных котлов итальянской компании Arca Caldaie – МК (50–300 кВт) и PRK (350–3500 кВт). Их топки не закреплены в задней части, что позволяет избежать воздействия на трубные решетки при температурных расширениях. Обратная магистраль, направленная в сторону передней трубной решетки, способствует улучшению системы охлаждения и увеличивает срок службы теплообменника. Котлы полностью теплоизолированы минеральной ватой толщиной 80 мм.

Возможна поставка котла, адаптированного к установке горелки любого производителя. Производителем предлагается три варианта панели управления: для одно- и двухступенчатых, а также модуляционного режимов работы. Для удобства эксплуатации и сервиса передняя дверь котла может открываться как с левой, так и с правой стороны. Имеющиеся регулировки позволяют осуществить завышение, занижение и наклон двери. Максимальная температура теплоносителя – 90 °С. КПД – 93 %.

## Паровые котлы разрешены к применению

Компания «Экоэнергомаш» (Бийск, Алтайский край) сообщила о получении разрешения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на применение паровых котлов типа Е: Е-4ГМ; Е-6,5ГМ; Е-10ГМ; Е-16ГМ; Е-20ГМ; Е-25ГМ; Е-35ГМ; Е-50ГМ. Срок действия разрешения – до 30 декабря 2014 г.



## Техника Buderus сертифицирована Газпромом

Отопительное и энергетическое оборудование компании Buderus (Германия) прошло аттестацию в сертификационном органе ОАО «Газпром» и признано соответствующим требованиям газовой промышленности. Действие сертификатов распространяется на стальные отопительные котлы Logano SK645/745 и SK635/735 (мощность – до 3500 кВт), SE635/735 (до 1750 кВт), чугунные котлы Logano G125WS (25–40 кВт), G215WS, GE315, GE515 и GE615 (52–1200 кВт), блочные газовые электростанции Loganova, паровые жаротрубные котлы серий SND и SHD, а также паровые котлы марки Loos. Успешная сертификация позволяет комплектовать указанным оборудованием системы отопления на объектах ОАО «Газпром».

Система добровольной сертификации Газпромсерт создана 6 февраля 2009 г. для организации и проведения работ по добровольному подтверждению соответствия продукции, услуг, систем менеджмента и систем менеджмента качества предъявляемым требованиям.



## БиКЗ снижает цены

Бийский котельный завод (Бийск, Алтайский край) объявил о снижении с 1 января 2010 г. цен на котельное и вспомогательное оборудование, достигающим 20 % от действовавшего в прошлом году прайс-листа. Также сокращены сроки поставки: с 60 до 40, с 40 – до 20 дней. Обе меры объясняются введением на предприятии новых производственных технологий.

Цены снижены на водогрейные котлы КВЕ, КВр, КВМ, «Гефест», КЕВ (топливо – уголь), КВЕ, ДЕВ, КВГМ (газ, жидкое топливо); паровые – Е, ДКВр, КЕ (уголь), ДКВр, КЕ (древесные отходы), Е, ДЕ, «Феникс», КЕ, ДКВр (газ, жидкое топливо); вентиляторы и дымоходы; питатели топлива, топочные устройства ТР, ТШПМ, ТЛМЗ, ТЧЗМ, ТЧМ, батарейные циклоны, золоуловители, дымовые трубы, воздухоохладители и подогреватели; стальные экономайзеры, теплообменники; фильтры ФИПр, ФИПа, ФОВ, установки водоподготовки, деаэраторы, охладители пара и другое оборудование.

# ДЫМОХОДЫ

## из нержавеющей стали

диаметры до 1200 мм  
сталь AISI 304, 316  
ISO 9001, СЕ

для всех типов котлов, печей, топок, каминов  
любые углы и размеры фасонных изделий  
полный набор сертификатов

### ПРОМЫШЛЕННЫЕ

- утепленные
- одностенные
- кислотостойкая сталь (0,6-1,0мм)
- жаростойкая изоляция (25, 50, 100мм)



### БЫТОВЫЕ

- круглые
- овальные
- коаксиальные
- газоплотные



Реклама Товар сертифицирован



**Балтвент**®

г. Калининград  
пр. Мира, 136

т/ф. 8(4012) 35 02 05  
тел. 8(4012) 35 04 41

[www.baltvent.ru](http://www.baltvent.ru)  
e-mail: [baltvent@baltvent.ru](mailto:baltvent@baltvent.ru)  
[info@baltvent.ru](mailto:info@baltvent.ru)

## Газовые котлы беспламенного горения

Компания «Энергооборудование» (Москва) освоила производство газовых водогрейных котлов серии КТГ мощностью 160 и 500 кВт, разработанных в рамках совместных научных работ с ведущими российскими НИИ в области порошкового материаловедения и энергетического машиностроения. В котлах отсутствует традиционная факельная горелка. Сжигание газозоудной смеси происходит в толще высокопористой металлической пластины с развитой лабиринтной поверхностью. (Площадь поверхности, заключенной в 1 см<sup>3</sup> высокопористого материала достигает 200 см<sup>2</sup>.) Расход топлива регулируется путем изменения частоты вращения высоконапорного вентилятора, обеспечивающего возможность плавного регулирования мощности котла в пределах 25–100 %.

Реализация технологии каталитического беспламенного горения позволила получить высокие показатели энергоэффективности и экологической безопасности. Сжигание топлива происходит при температуре не более 950 °С. Эмиссия NO<sub>x</sub> составляет не более 10 ppm, CO – не более 30 ppm. Во время работы вибрация отсутствует, а уровень шума не превышает 50 дБ.

Оборудование отличается компактностью, его удельный вес не превышает 1,2 кг/кВт. Котлы поставляются готовыми к установке в комплекте с горелочным устройством и автоматикой. Максимальная температура теплоносителя – 115 °С. КПД – не менее 95 % во всем диапазоне мощности.



## Обновление модельного ряда Elco

Новые промышленные горелки Newtron, разработанные компанией Elco (Франция) будут представлены в этом году на миланской выставке MCE. Российский анонс состоится в рамках выставки SHK Moscow. Первыми выпущены модели N 6.2400 G и N 6.3600 G номинальной мощностью 2400 и 3600 кВт соответственно. Оборудование сертифицировано и имеет разрешение Ростехнадзора.

Полное обновление модельного ряда горелок Elco началось в прошлом году, когда были заменены горелочные устройства мощностью от 40 до 2100 кВт. Место снятой с производства серии Tectron заняли горелки Vectron, работающие на газообразном и жидком топливе, а также комбинированные. Типоряд включает устройства со ступенчатым и плавным модулированием, а также с частотным регулированием вентилятора. Газовые и комбинированные горелки Vectron под-



готовлены для работы на сжиженном газе. Горелочные устройства в стандартном исполнении оборудованы системой снижения выбросов NO<sub>x</sub> при сжигании газа.

## Паровые котлы на сырой нефти

Торгово-промышленная компания «Котломаш» (Электросталь, Московская обл.) выиграла открытый конкурс на поставку котельного оборудования для объектов, расположенных на буровых станциях ОАО «Роснефть». На склад в Новом Уренгое было поставлено три паровых котла Е 1,0-0,9 МЗ (ПKN-2М), работающих на сырой нефти и мазуте.

Выпускаемые паровые котлы оснащаются модуляционными (30–100 %) горелочными устройствами CIB Unigas (Италия) с плавным регулированием мощности. Топливо – газообразное и жидкое.



## Capstone укрепляет сотрудничество с Calnetix

В феврале 2010 г. компания Capstone Turbine Corporation объявила о приобретении у Calnetix Power Solutions прав на микротурбину TA-100. Заключенная сделка включает производство и продажу оборудования, интеллектуальную собственность, технологические разработки, производственное оборудование, чертежи, патенты, ноу-хау, а также дистрибьюторские соглашения и договоры на поставку. Компании также заключили договор субподряда, согласно которому Calnetix продолжит производство микротурбин TA-100 для Capstone по текущим и новым заказам. На момент подписания договора портфель заказов компании Calnetix составлял около 7,5 млн долл, включая продукцию и сервисное обслуживание.

После истечения срока действия договора субподряда Capstone приобретет у Calnetix все товарно-материальные запасы TA-100, оставшиеся от производства микротурбин и не признанные устаревшими.

Кроме того, компании заключили OEM-договор, предоставляющий Capstone эксклюзивное право на продажу теплоутилизационных генераторов мощностью 125 кВт, разработанных Calnetix. Они предназначены для использования с микротурбинными и газопоршневыми установками, работающими на свалочном газе.

Применение генератора, использующего тепло выхлопных газов, повышает общий КПД установки приблизительно на 7 %. В частности, при отсутствии у потребителя нужды в тепловой энергии, такой генератор может напрямую работать на выхлопе шести турбин Capstone C65 или двух – Capstone C200, что увеличивает мощность установки по электричеству сверх 500 кВт.

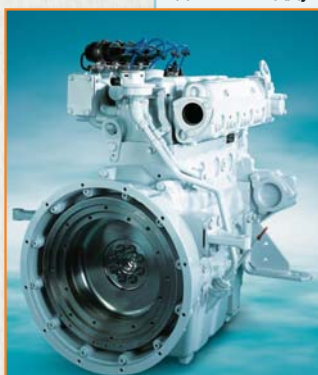


## Двигатель MAN малой мощности

В конце прошлого года в Германии был представлен новый четырехцилиндровый двигатель MAN E0834, предназначенный для работы на биогазе и природном газе. Его мощность составляет 68 кВт, и это первый двигатель в линейке MAN мощностью менее 100 кВт.

Привод имеет рядное расположение цилиндров, частота вращения вала – 1500 об/мин. Диаметр поршня – 108 мм, ход – 125 мм. Турбокомпрессор имеет две ступени охлаждения наддуваемой газовой смеси.

Это позволяет подавать в двигатель охлажденную топливную смесь, повышая тем самым его эффективность. Суммарный КПД когенерационной установки при работе на природном газе – 91,5 %.



## Новый двигатель Waukesha

Компания «Энерготех» сообщила о начале поставок на российский рынок 12-цилиндровых газопоршневых двигателей 12V-275GL, серийно выпускаемых компанией Waukesha Engine Dresser (США) с осени прошлого года и предназначенных для использования в качестве привода в компрессорных установках. Мощность нового агрегата на валу составляет 2517 кВт при скорости вращения 1000 об/мин, что на 8 % превосходит показатели предшествующей модели 12V-AT27GL. От последней унаследованы удобство эксплуатации и проведения сервисного обслуживания, а также простота интеграции в компрессорную установку.

Базовая конфигурация двигателя содержит систему масляной смазки и охлаждения. В поставку входит обновленный программно-аппаратный комплекс ESM (Engine System Manager), предназначенный для управления и контроля работы.

Очистка масла производится с использованием маслоохладителей плоской конструкции и сменных одноразовых вкручиваемых фильтров картриджного типа. Катушки зажигания и термодары снабжены удобными разъемами, облегчающими техническое обслуживание. Изменения в топливной и выхлопной системах повысили степень унификации между 12- и 16-цилиндровыми двигателями.

## Расширена номенклатура генераторов БЭМЗ

Баранчинский электромеханический завод (Свердловская обл.) расширил производственную программу синхронными бесщеточными генераторами повышенной частоты (БГЧ) и брызгозащищенными генераторами (БГ «Водник»). Генераторы БГЧ предназначены для работы в составе стационарных автоматизированных агрегатов и передвижных электроустановок в качестве источников трехфазного электрического тока частотой 400 Гц и напряжением 400 и 230 В. При необходимости получения трехфазного напряжения частотой 400 Гц в условиях отсутствия промышленной сети их использование в энергетических установках различного назначения позволяет отказаться от промежуточной цепочки агрегатов – из дизель-генератора 50 Гц и преобразователя частоты с 50 на 400 Гц.

Брызгозащищенные генераторы БГ «Водник» предназначены для продолжительного режима работы в составе передвижных электроагрегатов при работе на стоянке в качестве источника электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 400 В. Предусмотрено размещение генератора непосредственно под кузовом автомобиля с приводом от вала разбора мощности. При этом автомобиль сохраняет возможность преодоления водных преград вброд.

## 240 СРО внесено в реестр

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, на конец декабря 2009 г. от организаций, занимающихся строительством, проектированием и инженерными изысканиями, поступило 374 заявления о внесении в государственный реестр СРО.

По 240 некоммерческим партнерствам принято положительное решение о внесении в реестр СРО, отказано 29 организациям. Остальные заявки находятся на рассмотрении.

Напомним, с 1 января 2009 г. в России была прекращена выдача строительных лицензий. Лицензии, выданные ранее, действуют до 1 января 2010 г. С 1 января 2010 г. выполнение работ, оказывающих влияние на безопасность объектов капитального строительства, возможно только при наличии свидетельства о допуске от саморегулируемых организаций.



## Новый завод ROLS Isomarket начинает работу

С начала 2010 г. компания ROLS Isomarket запустила в эксплуатацию завод по производству изоляционных материалов Energoflex из вспененного полиэтилена, предназначенных для инженерных коммуникаций. По сообщению пресс-службы компании, новый завод, построенный в Переславле-Залеском в течение 2009 г., является крупнейшим во всей Восточной Европе.

Предприятие оснащено современным экструзионным оборудованием фирмы KraussMaffei Berstorff (Германия). Также начато строительство современного складского комплекса для хранения готовой продукции. На заводе будет внедрена система планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning System). Ее применение приведет к повышению эффективности производства, а также оптимизации управления всей административной и операционной деятельностью компании.

Ввод завода в эксплуатацию позволяет компании расширить ассортимент выпускаемой продукции, а применение передовых технологий повлечет значительное снижение затрат на обслуживание и контроль работы оборудования. Отличительная особенность нового производства – широкое внедрение энергосберегающих технологий и экологическая безопасность.



## Малые пластинчатые теплообменники Alfa Laval

С февраля 2010 г. ЗАО «СИНТО» (Санкт-Петербург) начало сборку пластинчатых теплообменников T2 шведского концерна Alfa Laval. Это самые маленькие разборные пластинчатые теплообменные аппараты, представленные на рынке. Изменение конструкции пластин позволило оптимизировать процесс теплообмена, уменьшить засорение и снизить стоимость теплообменников серии T.

Опорные и прижимные плиты изготавливаются из стали с эпоксидным покрытием, пластины и патрубки – из нержавеющей стали (AISI 316) или титана, прокладки – из нитрила или EPDM. Область их применения включает небольшие здания, объекты и технологические процессы.

Сборка теплообменников в Санкт-Петербурге осуществляется по технологии Alfa Laval из оригинальных комплектующих. Готовые изделия проходят необходимые испытания на прочность и герметичность в соответствии с техническими условиями. Сроки исполнения заказов – от одного до пяти дней.



## Низкотемпературные котлы Logano SK 645/745

Немецкая компания Buderus представила на российском рынке новые стальные низкотемпературные котлы Logano SK 645/745. Привлекательное соотношение «цена – качество – мощность» позволяет при ограниченном бюджете использовать их в качестве оптимального технического решения для многих объектов теплоснабжения (крышных котельных жилых зданий, бюджетных котельных коммунальных предприятий) при переоборудовании существующих котельных промышленных предприятий.

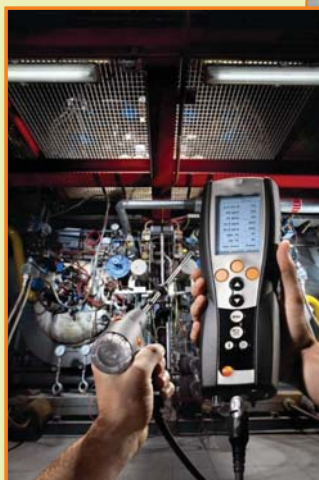
Котлы работают на природном или сжиженном газе и дизельном топливе. Допускается установка всех горелок, соответствующих нормативам EN 267 и 676 или имеющих знак CE. Топочная камера с незначительной объемной нагрузкой и двухходовой схемой прохода горячих газов позволяют добиться высокого (до 93 %) коэффициента использования. Мощность моделей Logano: SK 645 – от 120 до 600 кВт; SK 745 – от 730 до 1850 кВт. Рабочая температура – до 115 °C; максимальное рабочее давление – 6 бар.

## Анализатор дымовых газов testo 340

Компания Testo (Германия) представила на российском рынке свою новинку – портативный анализатор дымовых газов testo 340. В стандартной комплектации прибор оснащен сенсором O<sub>2</sub>. Кроме того, можно выбрать три дополнительных сенсора (CO, CO<sub>низ</sub>, NO, NO<sub>низ</sub>, NO<sub>2</sub> или SO<sub>2</sub>). Замена сенсоров возможна непосредственно на месте замера, а в памяти прибора сохраняются данные калибровки сенсоров.

Функция расширения измерительного диапазона позволяет проводить непрерывные измерения при высоких концентрациях газа. Возможно параллельное измерение дифференциального давления. Предусмотрена настройка на 18 стандартных и 10 дополнительных видов топлива. На дисплее прибора отображаются коэффициент избытка воздуха и КПД оборудования. Продолжительность проведения измерений – до 2 ч.

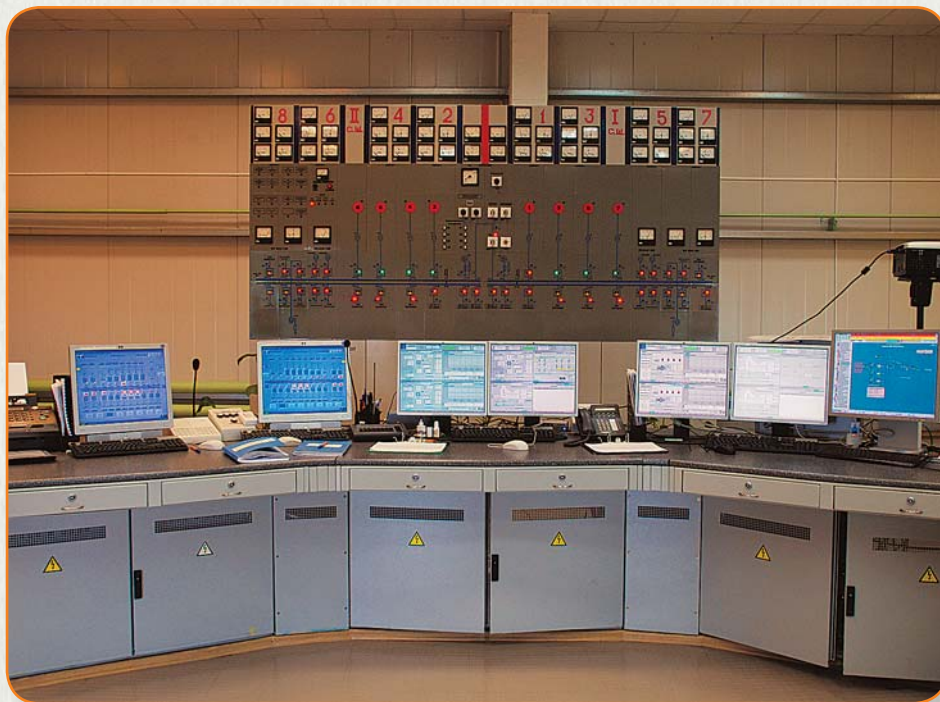
Подключение к принтерам testo и прямая передача данных на персональный компьютер могут быть реализованы посредством Bluetooth 2.0 (дополнительная возможность). Имеется русифицированное программное обеспечение для работы с данными измерений. Область применения прибора включает обслуживание и пусконаладку горелочных устройств, стационарных двигателей и турбин.



## Регулирующие клапаны ARI-Stevi

Компания «Селект» представила в нашей стране новые регулирующие клапаны ARI-Stevi, выпущенные концерном ARI-Armaturen (Германия). Типоряд включает модели диаметром 15–100 мм, рассчитанные на давление 63, 100 и 160 бар. К особенностям изделий относятся прецизионная полировка штока, увеличивающая срок службы уплотнений клапана; резьбовое кольцо седла, позволяющее понизить Kvs; заменяемые комплекты затворов и седел; точное направление ведения штока и затвора.

Затворы клапанов выпускаются в различных исполнениях: параболические, перфорированные, а также с разгрузкой по давлению – для промышленного применения. Вся продукция соответствует европейским нормам и российским стандартам. Имеется разрешение на применение, выданное Ростехнадзором.



Современный уровень развития электроники и средств коммуникации дает возможность полностью автоматизировать работу котельной, а также осуществлять удаленный контроль.

## Автоматика для современной котельной

Т. Сергеев

**А**втоматика современных котельных строится на принципах, общих для автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Как правило, это многоуровневая система, базисными элементами которой являются программируемые контроллеры. К ним стекается информация от устройств так называемого полевого уровня – разного рода датчиков, формирующих сигналы о параметрах работы оборудования, состоянии элементов различных схем (топливных, гидравлических, технологических) и т.д.

В зависимости от вида поступающих сигналов и в соответствии с заложенной программой контроллер может самостоятельно, без участия оператора и устройств более высокого уровня, управлять работой порученного ему оборудования, отдавая команды исполнительным механизмам – приводам клапанов, задвижек, устройствам частотного регулирования, аппаратам коммутации и др.

Если системами объекта управляет не один, а несколько контроллеров (менеджеры работы котлов, насосов, узла ГВС и т.д.), они объединяются в единую систему шиной (принятое обозначение – BUS), представляющей собой стандартный кабель (плоский или витая пара), к которому одинаковым образом подключаются взаимодействующие между собой элементы.

Координировать работу контроллеров объекта, при необходимости принимать их функции на себя, а также осуществлять обмен данными с вышестоящими устройствами управления – назначение контроллера следующего уровня (так называемый супервизор). Иногда его роль выполняет один из контроллеров первого уровня, реже – установленный на объекте компьютер.

Третий, верхний уровень АСУ ТП – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, откуда может осуществ-

ляться управление объектом.



вляться дистанционное управление работой нескольких котельных. Связь с ним управляющих устройств второго уровня может быть организована по телефонной линии, беспроводным каналам GSM, через Интернет или по локальным сетям (например, стандарта Ethernet). АРМ представляет собой компьютер, на монитор которого по запросу оператора в реальном времени выводится информация о параметрах работы оборудования и систем. Сюда поступают сигналы о нарушении рабочих режимов, и, в зависимости от ситуации, оператор может дистанционно изменить настройки или принять решение о выезде на объект.

Для организации процессов автоматизированного управления в подавляющем большинстве случаев используется стандартное программное обеспечение: прежде всего, OPS сервер, программный продукт обмена данными между устройствами управления технологическим процессом, и пакет программ, обеспечивающих диспетчерское управление и мониторинг параметров оператором SCADA.

Ниже публикуется обзор аппаратно-программных средств, предлагаемых в настоящее время российскими и зарубежными производителями для автоматизации промышленных котельных.

Система диспетчеризации, предложенная фирмой «Контэл» (Владимир), состоит из АРМ, поддерживающего до 256 объектов. Системы сбора информации выполнены в виде шкафов, в которых установлены информационная панель на базе персонального компьютера, модем и адаптер связи. Предусмотрена возможность подключения персонального компьютера непосредственно к информационной панели по USB (универсальной последовательной шине). При наличии соответствующих контроллеров такое оборудование может быть установлено на любом объекте. Контроллеры «Контэл» разработаны на современной элементной базе Atmel и предназначены для управления паровыми и водогрейными котлами, работающими на газообразном и жидком топливе. Аппаратная часть унифицирована, а модификации отличаются программным обеспечением.

НПО «Ремтепло» (Мытищи, Московская обл.) разрабатывает и монтирует системы автоматизации котельных, стро-

ящиеся по блочно-модульному принципу на основе различных типов контроллеров отечественного и зарубежного производства. Такой принцип позволяет автоматизировать как простые объекты, так и сложные многоуровневые системы. Автоматический контроль, управление и регулирование работы котельной осуществляются средствами, входящими в щиты автоматики АСУ ТП «Ремтепло», а также связанными с ними преобразователями, отсечными и регулирующими клапанами. Система безопасности обеспечивает непрерывный контроль загазованности воздуха по СО и СН<sub>4</sub> с аварийным отключением газа, поступающего к горелкам. Управление насосами и вентиляторами производится дистанционно. Технологический процесс отображается на мониторе компьютера в виде мнемосхем и графиков.

Для каждого котла АСУ ТП «Ремтепло» предусматривает установку щитов защиты, управления, а также общекотельного. Каскадный регулятор производительности котельной осуществляет автоматическое включение-отключение котлов в зависимости от тепловой нагрузки потребителя. Управление технологическими параметрами как самого котла, так и котельной независимо от автоматики безопасности. Поэтому возможно, например, во время ремонта регулятора эксплуатировать котельное оборудование в «ручном»



режиме без снижения уровня безопасности технологических процессов.

Компания «Радиоавтоматика» (Брянск), специализирующаяся на проектировании и производстве радиоэлектронных средств и микропроцессорных систем, предлагает систему диспетчеризации котельных СДК-М-03-GSM. Ее назначение – дистанционный контроль основных параметров работы котельной и сигнализация с использованием проводных каналов и сотовой связи (GSM).

Система автоматически управляет оборудованием котельной, включая клапаны отсечки газа и подпитки воды, электрокалорифер, циркуляционные насосы.



Возможна дополнительная комплектация автоматом управления насосами АУН-1, предназначенным для включения резервного насоса в случае пропадания напряжения питания или выхода из строя основного насоса.

Базовый блок системы – пульт контроля и управления ПКУ-02 с установленным GSM-модемом. Предусмотренные каналы дискретного ввода: 16–48 для подключения датчиков типа «сухой контакт» и 8–24 – для датчиков с выходным сигналом в виде переменного напряжения. Для дискретного вывода используются 4–12 каналов.

Возможно дооснащение пультом диспетчерской сигнализации ПДС-02, обеспечивающим аварийную визуальную и аудиосигнализацию на расстояние до 1000 м по четырехпроводному каналу связи (2 витых пары).

Предусмотрено увеличение числа контролируемых котельных. Информация об их состоянии ежемесячно архивируется в автоматическом режиме.

ООО «Сигма» (Владимир) предлагает систему автоматического управления (САУ) «Бук-Сигма» собственной разработки. САУ предназначена для каскадного включения и выключения трех и более автономных газовых или жидкотопливных котлоагрегатов, контроля за их работой, передачи данных на диспетчерский пункт и ведения архива информации.

Команда на остановку котлов может выдаваться в случае отказа горелки, аварии в котельной, высокого уровня загазованности. Кроме того, для водогрейных котлов отслеживается значение давления воды и температуры в обратной линии, а для парового – уровня воды и давления пара. Контроль сигналов безопасности работы котла производится с помощью датчиков типа «сухой контакт».

В базовом варианте предусмотрено 16 входных и 16 выходных сигналов (возможно расширение до 24). Обмен информацией между устройствами осуществляется через последовательный интерфейс RS-485. В состав системы входят блок управления «Бук-1», коммутационный щит, измерительный преобразователь «ВДТЦ-1» (для водогрейных котлов), термопреобразователь сопротивления ТСМ (для водогрейных котлов),

датчик давления «ВДДЦ-1» (для паровых котлов). Предусмотрено как автономное применение, так и в составе системы телемеханики, использующей для связи коммутируемые каналы городской телефонной сети.

САУ удовлетворяет требованиям ГОСТ 12997-84 по устойчивости и прочности к воздействиям температуры и влажности (группа исполнения В3), синусоидальной вибрации (N1) и атмосферного давления (P1).

ЗАО «Теплоком» (Санкт-Петербург) разработало серию специализированных промышленных контроллеров «Спекон», оснащенных функциональной клавиатурой и табло. Базовый вариант обеспечивает подключение 32 двухпозиционных входных сигналов, 16 унифицированных токовых сигналов или 8 термопреобразователей сопротивления, а также сочетаний этих сигналов.

Контроллеры СК 3, предназначенные для автоматизированного управления котельными, обеспечивают формирование команд на пуск и останов котлов, погодозависимое регулирование температуры сетевой воды в соответствии с графиком нагрузки, температуры воды перед котлами и ее уровня в баках-аккумуляторах ГВС, управление насосами, аварийную защиту и сигнализацию. Данные вводятся с клавиатуры, а информация представляется на специальном табло. Контроллеры также ведут архивы параметров и обеспечивают связь с внешними устройствами. Имеется защита от ошибок оператора.

На базе контроллеров «Спекон» разработаны комплексы технических средств для автоматического управления КТС СКА, реализующие многоуровневую схему. Непосредственное управление котлом осуществляют контроллеры СК 2, устанавливаемые на месте. Контроллер второго уровня СК 3 размещается в операторской и обеспечивает связь с компьютером верхнего уровня; он может служить рабочим пультом. Возможен вариант КТС СКА – автоматизированная система управления многоресурсным котлом, в которой горелками управляют контролле-



ры СК 1, а функции их мастера выполняет контроллер СК 2. Ввод в систему новых объектов осуществляется добавлением контроллеров различного исполнения.

НТП «Унисервис» (Жуковский, Московская обл.) предлагает АСУ ТП для котельных с паровыми и водогрейными котлами, разработанную на базе контроллеров фирмы Sauter. Устройства управления парового котла обеспечивают автоматическое регулирование давления пара, соотношения «газ–воздух», разряжения в топке, уровня воды в барабане котла; управление вентилятором и дымоходом, полуавтоматическим розжигом горелок; перевод и контроль работы котла на резервном топливе; функционирование систем безопасности. Система включает шкаф управления вспомогательным оборудованием – деаэрационно-питательной установкой, модулем ГВС, водяными и топливными насосами и т.д. Для водогрейных котельных может быть организована дистанционная диспетчеризация по каналам GSM или проводным сетям.

Систему автоматизации котельных на базе контроллеров ECL Comfort разработала фирма Danfoss (Дания). Они имеют сервисное меню, позволяющее устанавливать приоритеты ГВС перед контурами, их летнее отключение, последовательность использования и минимальное время работы горелок, защиту котла. Для работы в условиях удаленного мониторинга контроллер комплектуется специальным модулем.

С 2007 г. компания Loos International (Германия) предлагает систему LBC/LSC (Loos Boiler/System Control), построенную

на программируемых логических контроллерах. Компоненты системы осуществляют управление и регулирование работы как отдельными котлами, так и всей котельной установкой, а также дополнительным оборудованием – деаэрационной и конденсатной установками, топливной системой.

Предусмотрен выбор варианта регулирования, например, по расходу пара или давлению в сети. Встроенные защитные функции обеспечивают эксплуатацию только в разрешенном диапазоне рабочих параметров (частота вращения насоса, жесткость воды, состав конденсата и др.). Аналогичным образом решена проблема защиты от ошибок оператора.

Возможно расширение системы дополнительными входами и выходами, а также процессором связи Profibus DP для подключения к центральной системе управления.

Разработка германской фирмы Saacke – аппаратно-программируемый комплекс Se@Vis, способный с высокой точностью поддерживать заданный режим горения топлива. В комплексе используются отказоустойчивые «интеллектуальные» сервомоторы.

Контроллер Se@Vis управляет исполнительными механизмами и считывает текущие значения входных сигналов. Его базовые функции: автоматический пуск горелки, вывод ее в рабочий режим, аварийное выключение, регулирование соотношения «топливо–воздух», выбор топливного режима (при раздельном сжигании топлива), контроль герметичности предохранительных клапанов и установка времени аварийного отключения. Контроллер может реализовывать ряд дополнительных функций, в том числе – автоматический переход с одного топлива на другое без остановки котла, управление последовательностью включения котлов и т.д.

Предусмотрена услуга дистанционной диагностики горелок, включенных в систему Se@Vis, по спутниковому каналу Теле Support & Сервис.

В состав АСУ ТП фирмы Coster (Италия), поставляемой на российский рынок ГК «Маэстро» (Москва), входят контроллеры управления работой модульных горелок и узлами учета потре-

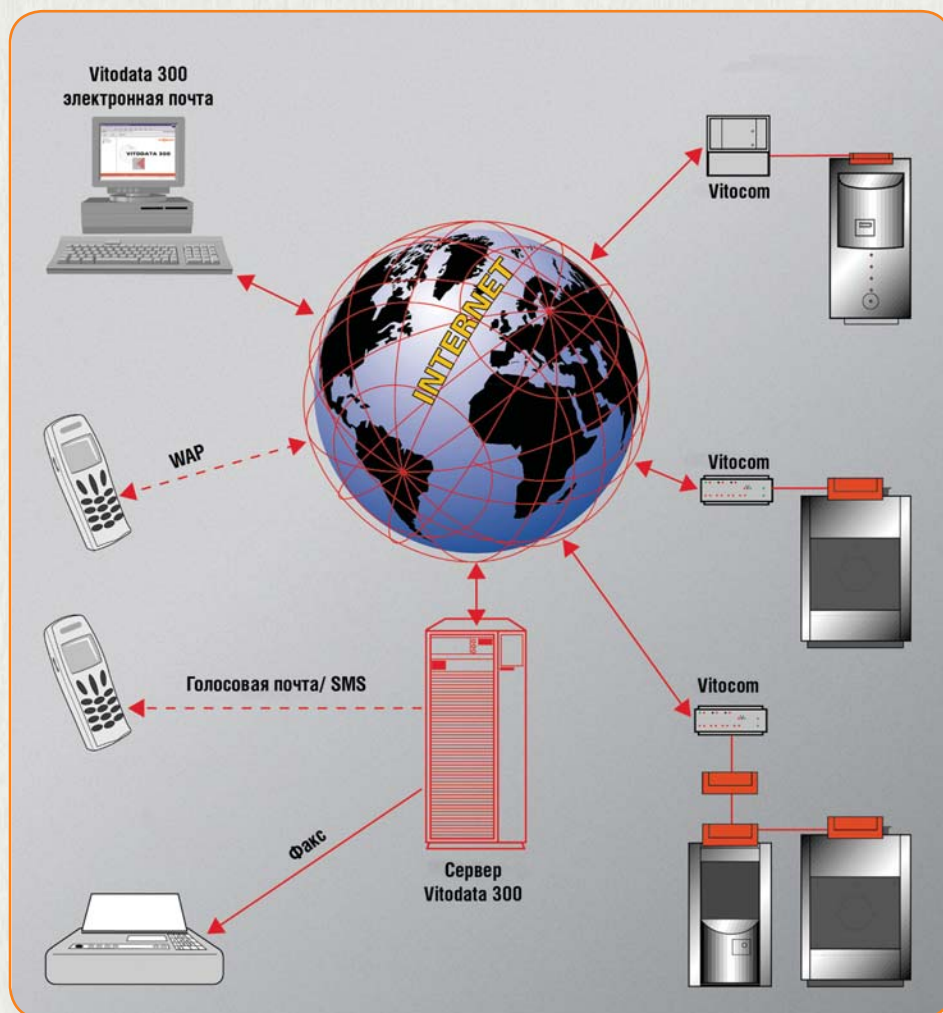
бления тепла, датчики контроля давления, регулирующие устройства и модем GSM-связи, позволяющие осуществлять диагностику оборудования и управление с центрального диспетчерского пункта ГК «Маэстро».

Конфигурируемые контроллеры Coster могут быть подобраны для решения определенных задач: контроля работы котлов, управления горелками, контурами отопления и ГВС, резервирования и переключения циркуляционных насосов, измерения давления, количества выработанного тепла, расхода теплоносителя, количества подпиточной воды. Они объединяются шиной C-Bus (неэкранированная витая пара) с индивидуальной адресацией.

О средствах автоматизации, предлагаемых в рассматриваемой области компанией Siemens (Германия), рассказывается в другой статье этого номера – «Решения Siemens для автоматизации котельных».

Для удаленной диспетчеризации

котельных установок компания Viessmann (Германия) разработала систему Vitodata 300. Она работает в комплексе с коммуникационным модулем Vitocom 300, устанавливаемым в котельной и взаимодействующим с контроллерами управления котлами Vitotronic по локальной сети Lon-Works, а с компьютером верхнего уровня (сервер Vitodata, [www.vitodata.com](http://www.vitodata.com)) – через Интернет. На сервере формируется и заполняется Web-страничка котельной, на которую авторизованный пользователь выходит со своего компьютера. При возникновении неисправности в котельной Vitocom 300 самостоятельно устанавливает связь с сервером, который производит «опрос» контроллеров, и пользователю отправляется соответствующее сообщение. Система предоставляет широкие возможности по контролю параметров работы оборудования котельной – с регистрацией данных, дистанционным изменением настроек и т.д.



# Автоматизация котельных: решения Siemens

В. Дьяков

*Экономичность и защита окружающей среды являются важными критериями при работе котельных установок в промышленности и для отопления зданий.*

При эксплуатации котлов и горелок большой мощности эффективность сжигания становится главным фактором в снижении расходов топлива. Помимо прочего, в настоящую проблему для теплогенерирующих компаний может со временем превратиться высокий уровень выбросов в атмосферу вредных веществ.

Как правило, до недавних пор для управления соотношением «топливо – воздух» горелки оборудовались кулачковой механической связью с приводами воздушной и газовой заслонок или жидкотопливным контроллером.

Многолетние исследования в области автоматизации и повышения эффективности процессов сжигания топлива ведет концерн Siemens (Германия). На их основе разработаны, выпускаются и поставляются компоненты и системные решения для наддувных горелок различной мощности.

Перечень предлагаемых концерном изделий, а также решений для горелочных устройств очень широк: топочные автоматы (автоматы горения), приводы для воздушных и топливных заслонок, датчики и детекторы пламени, гибко-конфигурируемые менеджеры горения, одинарные и сдвоенные газовые электромагнитные клапаны и приводы к ним, поверочное оборудование и системные решения.

С начала 2000-х Siemens производит семейство компактных конфигурируемых модулей (менеджеров горения) LMV для непрерывного управления и мониторинга работы наддувной горелки средней и большой (на данный момент – 20 МВт) мощности. Один модуль управляет работой одной горелки. В настоящее время проходят испытания прототипа менеджера горения для управления горелочным устройством мощностью порядка 30 МВт.



Мазутная горелка низкого давления с воздушным распылением типа PP9/PB9 на паровом котле ДКВР-10-13 (пос. Абрам-Мыс, Мурманская обл.)

Все менеджеры горения LMV имеют два встроенных мощных микропроцессора, которые параллельно обрабатывают все сигналы, поступающие по двум независимым каналам. При их обработке постоянно происходит сравнение данных на обоих каналах (они должны быть идентичными). Это повышает надежность и точность работы системы.

Системные периферийные компоненты Siemens – топливно-воздушные приводы, датчики пламени, модуль остаточного кислорода, частотные преобразователи – подходят для работы совместно с менеджерами горения LMV. Это гарантирует согласованную работу всех периферийных устройств и позволяет избежать повторяющихся и рутинных настроек.

Основная выгода, получаемая при электронном контроле состава топливо-воздушной смеси, заключается в возмож-

ности гибкого выставления точек кривой зависимости «топливо – воздух» (с последующей интерполяцией).

Приводы топливных и воздушных заслонок можно теперь располагать практически в любом удобном месте относительно самого горелочного устройства, т.к. с ними отсутствует жесткая механическая связь. Это особенно актуально для производителей горелок.

Контроль нагрузки выполнен в виде ПИД-контроллера температуры и давления, в котором реализован алгоритм холодного старта водогрейных или паровых котлов, что снижает их износ и амортизацию. Помимо этого, контроллер нагрузки имеет встроенный электронный термостат безопасности.

Управление непрерывной работой горелки не вызывает проблем, когда к менеджеру горения LMV подключены универсальные инфракрасные или ультрафи-

олетовые датчики пламени или датчики ионизации пламени. Разделенные входы и выходы LMV для работы на жидком или газообразном топливе способствуют точной диагностике компонентов внешней периферии и обеспечивают работу на двух видах топлива без использования дополнительных переключений реле.

Менеджер горения можно монтировать как непосредственно на горелочном устройстве, так и рядом с ним – в шкафу управления, используя шину данных.

Благодаря выбору типов управления (трехточечное; с аналоговым сигналом 4–20 мА, 0–10 В; ModBus) контроллер нагрузки менеджера горения LMV5 легко интегрируется в существующую котельную или производство. Для работы можно активировать контроллеры нагрузок – встроенный, различные внешние, с внешним управлением по сети.

В случае возникновения ошибки при обработке или передаче данных, система автоматически перейдет на работу со своим встроенным контроллером.

Менеджер горения LMV управляется и конфигурируется через операторскую панель AZL или компьютер с сервисной программой ACS.

При сервисном обслуживании или пусконаладке при помощи панели AZL или компьютера с установленной на нем программой ACS, параметры горелки могут быстро копироваться (переноситься) с одного модуля LMV на другие. Процесс настройки и обслуживания однотипных горелок в котельной значительно упрощается.

Важный аспект в использовании менеджера горения LMV – возможность его интеграции в существующие системы автоматизации на свободно-программируемых контроллерах. По интерфейсу ModBus, встроенному в операторскую панель AZL, менеджер горения LMV5 можно интегрировать в современные сети управления климатом здания – BACnet и LON – и для управления технологическим процессом производства, например ProfiBus. Появляется возможность использовать такие функции, как визуализация состояния установки, управление ею и создание различных отчетов.

Функция коммуникации становится все более и более важной. По этой причине, при использовании открытого стандартного протокола, менеджеры горением LMV могут быть интегрированы в различные

системы автоматизации более высокого уровня. Открытый протокол ModBus RTU позволяет выполнить такую интеграцию по приемлемой цене.

Со своими свободно программируемыми модулями Simatic S7 (промышленная автоматизация) или Desigo PX (автоматизация зданий) Siemens предлагает полностью завершенную концепцию автоматизации, состоящую из программируемых и конфигурируемых модулей для разных взаимосвязанных уровней.

Важные текущие реальные величины и заданные уставки можно постоянно отслеживать. Такую информацию, как данные с топливных счетчиков и количество отработанных горелкой моточасов, можно отобразить и оценить непосредственно на операторской панели AZL. Это дает возможность быстро оценить реальный КПД установки и сравнить его с предварительно рассчитанным.

Создаваемые Siemens средства автоматизации процессов сжигания топлива используются многими изготовителями горелочной техники, другими производственными и инженеринговыми компаниями.

Одним из партнеров Siemens – ООО «Норд Крафт» (Санкт-Петербург) – разработана, сертифицирована и внедряется при реконструкции отечественных котельных автоматизированная система Nordvision. Модернизация объектов включает замену устаревших горелок устройствами шведской компании Petrokraft AB

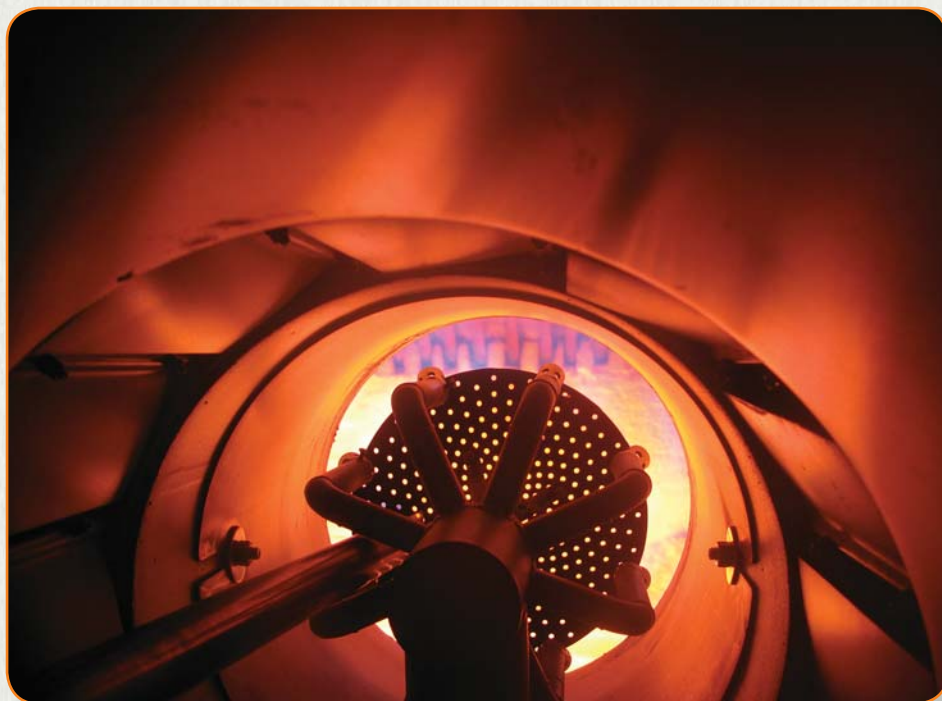
без замены котлов. Такая модернизация котельных обходится примерно на 40 % дешевле нового строительства. От заключения договора до реализации проекта и сдачи в постоянную эксплуатацию проходит 6–7 месяцев. Установка частотных преобразователей на электродвигателях дымососа и вентилятора при мощности потребления 75 и 55 кВт соответственно дает экономию до 60 % по сравнению с существующими системами. Срок окупаемости обновленного оборудования – 3–4 года.

В результате модернизации заказчик получает полностью автоматизированную котельную с выводом информации о текущих параметрах ее работы на диспетчерский пункт, или – по каналам GSM-связи – на сотовый телефон ответственного лица. КПД установки повышается в целом – за счет экономии топлива и электроэнергии.

Одной из ключевых подсистем Nordvision является управление процессом горения на базе микропроцессорного менеджера LMV.

За последние четыре года система Nordvision внедрена на Санкт-Петербургской бумажной фабрике ФГУП «Гознак», на Лужском заводе «Белкозин» (Луга, Ленинградская обл.), на муниципальном предприятии «Теплоэнергия» (Череповец, Вологодская обл.), МУП «Тепловые сети» (Гатчина), ОАО «Невская Косметика» (Санкт-Петербург).





В настоящее время в нашей стране находится в эксплуатации большое количество водотрубных паровых и водогрейных котлов, характеристики которых уже не отвечают современным требованиям.

## Новые горелки для старых котлов

И. Истомин

**Н**изкий КПД, большой расход топлива, высокое содержание загрязняющих веществ в продуктах сгорания, низкий уровень автоматизации и высокая стоимость эксплуатации – таковы основные проблемы, связанные с использованием устаревшего котельного оборудования. В связи с этим в России в последние годы реализуется ряд проектов по установке современных автоматизированных горелочных устройств на котлы отечественного производства. Один из вариантов применяется ООО «Энерго Девелопмент» (г. Реутов, Московская обл.) при модернизации котельной в Ярославской области.

Метод модернизации, предложенный компанией «Энерго Девелопмент» для водотрубных котлов наиболее распространенных в нашей стране типов (ДЕ, ДКВР, КВ-ГМ, ПТВМ), основан на замене устаревших горелочных устройств отечественного производства современными

короткофакельными горелками. В качестве партнера была выбрана итальянская фирма Industrial Burners Solutions (IBS), выпускающая горелочные устройства мощностью до 56 МВт.

Важными аргументами в пользу горелок IBS стали регулируемая геометрия факела, серийное производство моделей с низкими значениями оксидов азота в продуктах сгорания (исполнение Low-NO<sub>x</sub>), а также возможность комплектации дополнительным оборудованием для регулирования – частотного (вентилятор и дымосос) и по остаточному кислороду (электронно-связанное регулирование). Также предусмотрено применение системы управления котлоагрегатом с программируемым логи-



ческим контроллером (PLC) и группой безопасности котла.

Пилотный проект стартовал в прошлом году в Ярославской области. Объект – котельная с тремя паровыми котлами Бийского котельного завода (ДКВР-6,5-13 и ДКВР-20-13), служащая



как для производственных нужд, так и для отопления жилого микрорайона. В качестве топлива использовался мазут М-100.

В течение декабря 2009 г. были завершены работы на одном из двух котлов ДКВР-20-13, в результате которых он был переведен на газообразное топливо. Два установленных на котле горелочных устройства ГМГ 5,5 были заменены двухблочными горелками IBSR 6 М единичной мощностью 9500 кВт. Длина пламени таких горелок с изменяемой геометрией факела при работе на максимальной мощности варьируется в пределах от 3,5 до 5,5 м благодаря лопаткам, установленным в воздушном канале горелки (технология Flame Register). Применена горелочная автоматика Siemens (LFL 1.333 и LDU 11).

При проведении работ выполнен ряд требований заказчика. Одно из них – сохранение двухгорелочной компоновки фронта котла. Важно отметить, что фронтной экран котла при этом не переделывался, в то время как многие зарубежные производители горелочного оборудования в аналогичных случаях выдвигают такое условие. (Отметим, что проект переоснащения отечественных водотрубных котлов горелками IBS предусматривает и такой вариант – с компоновкой одним горелочным устройством и переделкой фронта котла.)

Равномерное распределение тепловой нагрузки достигается благодаря синхронной работе обеих горелок котла. Для того чтобы обеспечить синхронную модуляцию горелок с минимальными затратами, было принято решение установить общую газовую линию с регулирующим расход газа

демпфером, связанным с воздушной заслонкой посредством тяг. Приготовление топливной смеси при этом происходит одновременно для обеих горелок. Модуляция обеспечивается сервомотором (механическая регулировка соотношения «топливо – воздух»).

Кроме того, по желанию заказчика была сохранена старая система воздухопроводов с размещением вентилятора снаружи здания котельной (при-

Девелопмент», не вызывает сомнений. В настоящий момент проект, аналогичный описанному, реализуется в Волгоградской области. Он предусматривает оснащение новыми горелками котлов типа ПТБМ.

## О горелках IBS

Производственная программа фирмы Industrial Burners Solutions представлена несколькими линейками. В их числе – серии IBSM (номинальная мощность горелочных устройств – от 1600 до 9400 кВт), IBST (1600–19600 кВт) и IBSR (4700–26092 кВт). Горелки IBSM и IBST оснащаются вентилятором, жидкотопливным насосом и электрическим подогревателем для работы на мазуте.

Горелочные устройства предназначены для сжигания природного газа, легкого дизельного топлива вязкостью 1,2 °Е при 20 °С и мазута. Вязкость последнего – менее 60 °Е при 50 °С (менее 80 °Е при 50 °С для мазутоводяной эмульсии и менее 300 °Е при 50 °С – при подаче на горение с атомизацией паром).

Диапазон модуляции – 1:5 для газа и 1:3 для жидкого топлива. Давление газа – 300 мбар. Шумность работы – 75–84 дБ. Класс электрозащиты в базовом исполнении – IP 40.

Содержание вредных веществ в продуктах сгорания: СО – 50 (печное топливо), 100 (мазут), 30 (природный газ) мг/м³; NO<sub>x</sub> – 200 (печное топливо), 500 (мазут), 200 (природный газ) мг/м³. Для газовых горелок в исполнении LowNO<sub>x</sub> содержание NO<sub>x</sub> в дымовых газах составляет 100 мг/м³.

## Словарь терминов

**Градус Энглера (градус ВУ) – внесистемная единица условной вязкости (ВУ) жидкостей. Число градусов Энглера определяется отношением времени истечения (в секундах) из вискозиметра Энглера 200 см³ испытуемой жидкости при данной температуре ко времени истечения из него же 200 см³ дистиллированной воды при 20 °С**

менены отдельно стоящие пылевлагозащищенные вентиляторы в исполнении IP 55).

Все работы были выполнены в течение 2–2,5 месяцев. В результате КПД модернизированного котла увеличился до 93 % (до модернизации – 72 – 75 %). Содержание СО в продуктах сгорания снизилось со 100 до 3 ppm, NO<sub>x</sub> – со 170 до 63 ppm (при максимальной нагрузке). Уровень автоматизации работы котлоагрегата был повышен до максимально возможного. За счет повышения КПД и снижения стоимости топлива эксплуатационные расходы уменьшились приблизительно в 2,5 раза.

Следующий этап – переоснащение котла ДКВР-6,5-13 двумя горелками IBST 3 М (конец февраля 2010 г.). Ориентировочный срок окупаемости проекта – 1,5–2 года.

Актуальность проблемы, за решение которой взялись специалисты ООО «Энерго





Основным препятствием для перевода промышленных котельных на сжигание лузги, растительных и мелких древесных отходов является сложность организации устойчивого топочного процесса без шлакования поверхностей нагрева.

## Вихревые топки для растительных отходов

Е. Пузырев, к. т. н., А. Шарапов, М. Шарапов

**Н**а многих предприятиях, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию, образуются крупнотоннажные потоки растительных отходов, лузги и др. Эти отходы имеют высокую реакционную способность: сухая растительная масса малозольная, быстро воспламеняется, хорошо газифицируется и устойчиво горит. Основным препятствием для перевода промышленных котельных на сжигание лузги, растительных и мелких древесных отходов является сложность организации устойчивого топочного процесса без шлакования поверхностей нагрева.

Согласно данным обследования НПО ЦКТИ, НИЦ ПО «Бийскэнергомаш» и других организаций действующие топки и котлы не приспособлены для сжигания такого топлива. Например, реконструированные на сжигание лузги подсолнечника

слоевые котлы ДКВр-20-13-250 быстро вышли из строя, так как котельный пучок и экономайзер забивались прочными отложениями золы. В целом, по результатам обследования работы котлов, сжигающих лузгу, можно сделать следующие выводы:

- пока нет серийно выпускаемых котлов и топок, предназначенных для сжигания лузги;
- лузга может удовлетворительно сжигаться в факельно-слоевых и шахтных топках при низком форсировании топочного процесса;
- большой вынос легких парусных частиц лузги требует их надежного удержания в топке в процессе сжигания;
- наблюдается повышенная пожароопасность «самодельных» котельных установок из-за накопления в дымоходах и золоуловителях механического недо-

жога, главным образом в виде недогоревших перерабатываемых зерен;

- даже при малой зольности возможно образование больших внутритопочных и натрубных отложений, препятствующих работе котла;

- чугунные экономайзеры не рекомендуются из-за быстрого забивания их золой и должны заменяться стальными;

- так как процесс образования отложений зависит от минерального состава золы, существенное влияние имеют не только тип растительных отходов, но и состав почвы;

- перерабатывающие заводы экономически заинтересованы в применении новых котлов с высокоэффективными топочными устройствами, поскольку затраты на приобретение топлива, вывоз очаговых остатков и штрафы за складирование отходов составляют значительные суммы.



Рис. 1. Моделирование аэродинамического удержания опилок в восьмигранной топке с горизонтальной осью вихря

Для решения возникших задач НИЦ ПО «Бийскэнергомаш», ПО «Бийскэнергомаш» и ОАО «Бийский котельный завод» совместно провели в последние годы широкий круг теоретических разработок, экспериментальных исследований, выполнили ряд реконструкций действующих котлов и создали новое поколение котлов с низкотемпературными вихревыми топочными устройствами (ВТ).

В вихревых топках для удержания мелких парусных частиц до их выгорания используется циклонный эффект. Применение циклона для высокотемпературного сжигания угля с образованием жидкого шлака впервые было предложено в СССР еще в 30-е годы профессором Г.Ф. Кнорре. В отличие от топки Кнорре, в разрабатываемых ВТ используется низкотемпературное сжигание.

Расчеты показали, что низкотемпературный (температура ниже уровня размягчения золы) топочный процесс в вихревой топке можно поддерживать за счет двухступенчатой схемы сжигания. Она заключается в недостаточной для полного сжигания лузги подаче дутья в зону удержания частиц и с последующим дожиганием продуктов неполного сгорания в экранированном объеме топки котла. Этот же эффект можно обеспечить также за счет избыточной пода-

чи дутья, рециркуляции дымовых газов при интенсивном охлаждении вихревой топки экранами.

Используя различные сочетания этих трех способов организации низкотемпературного топочного процесса, можно получить:

- низкую возгонку минеральной части золы (прежде всего – щелочных металлов) и предупреждение образования отложений золы;
- отсутствие расплавленной золы (зашлаковывания топки);
- высокоэффективное серопоглощение (снижение выбросов оксидов серы и предупреждение упрочнения первичных натрубных отложений);
- снижение эмиссии оксидов азота за счет двухступенчатой схемы сжигания и рециркуляции дымовых газов;
- эффективное удержание частиц лузги и кокса в виде вращающегося слоя, т.е. глубокое выгорание горючих и экономичность котла.

При разработке ВТ с учетом технологии и реального многообразия номенклатуры завода (типа резервного топлива и других характеристик) были предложены и запатентованы различные модификации профиля ВТ. Для их отработки применялось изотермическое моделирование. Одна из моделей показана на рис. 1.

Продувки на моделях позволили выявить оптимальные геометрические характеристики, распределение дутья, форму сопел, углы их наклона и геометрию газовыпускного окна. В опытах определялись поля скоростей и коэффициенты сопротивления, изучались формирование потоков выноса частиц и другие элементы аэродинамической обстановки.

Подача донного дутья под горизонтальное или наклонное дно имитировала работу колосника, моделируя при этом вихревые топки со слоевым сжиганием на колосниках крупных фракций или твердого резервного топлива.

Полученные данные составили основу для выбора профиля и геометрии топки, а также для составления рекомендаций по проектированию вихревых топочных устройств котлов.

По схеме донного дутья сейчас работают водогрейные котлы KB-1,86 ВД (KB-1,6-

95 ВД) тепловой мощностью 1,86 МВт, оснащенные наклонным колосником с двухсторонним зажиганием и вихревой камерой дожигания. Они установлены в котельной Абазинского лесокombината (г. Абаза) и успешно работают, начиная с отопительного сезона 1996–1997 гг. Топливо с расходом в 750–1100 кг/ч включает рубленый горбыль, кору; щепа и опилки подаются без подготовки. Топочный процесс характеризуется высокой устойчивостью, попадание снега и льда не приводит к погасанию топки. Использование перепревших отходов не вызывает трудностей, но их приходится подавать в 1,5–2,5 раза больше из-за высокой влажности и переокисления. Выбросы не содержат коксовых и сажевых частиц. Наблюдается практически полное догорание горючих в провале под дожигательным колосником, т.е. экономичность котла не снижается из-за потерь с уносом и недожогом.

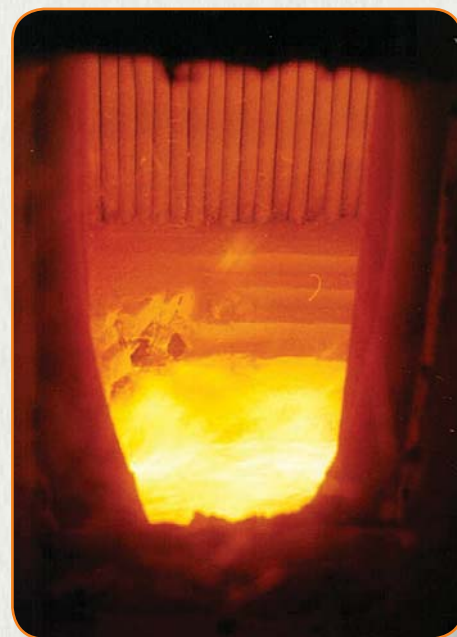


Рис. 2. Горение подсолнечной лузги в вихревой топке с вертикальной осью вращения под котлом KE-10-14

Подобная схема с механизированной горизонтальной колосниковой топкой (шуровочная планка – ТШП-1,5) в течение нескольких лет успешно применяется в реконструированных котлах KE-4-14 Барнаульского маслобойного завода при сжигании подсолнечной лузги и бурого угля в качестве резервного топлива.

Для разворачивания типоразмерного ряда на основе единого топочного блока с повышением мощности котла удобны схемы с сообщающимися, согласованно вращающимися вихрями (дубль-, тройные и т.д.). Например, по проекту реконструкции котла КЕ-25 на сжигание подсолнечной лузги использование дубль-топки позволяет в 1,5–2 раза снизить размеры топочного устройства. Дубль-топка вписывается в топочный объем котла КЕ-25.

Конструктивно наиболее просты топки с вертикальной осью вращения. Они могут выполняться путем простого изменения огнеупорной кладки. Первый реконструированный котел КЕ-6,5-14-270 ДВ используется фирмой «Каскад-П» (пос. Штабка) для сжигания подсолнечной лузги. В качестве примера на рис.2 показана картина интенсивного горения

подсолнечной лузги в вихревой топке с вертикальной осью вращения под котлом КЕ-10-14. Два котла КЕ 10-14 ОГВ установлены в котельной ОАО «Чишмское» (пос. Чишмы). Вихревые топки обеспечивают глубокое выгорание частиц. В топочном объеме котла выше пережима вихревой топки искр и пламени практически нет, видно объемное свечение газов и обмуровки.

Экранированные вихревые топки наиболее просто выполняются в варианте с горизонтальной осью вращения вихря. ПО «Бийскэнергомаш» изготовило паровой котел Е-16-2,1-350, работающий на Урюпинском маслоэкстракционном заводе с 1998 г. В Усть-Лабинске на маслоэкстракционном заводе работает паровой котел Е-10-2,1-350. Котлы выполнены в двухэтажной компоновке: вихревая топка внизу, пароперегреватель в подъемном

газоходе, двухбарабанный кипяточный пучок сверху.

На заводах в г. Бийске, пос. Бутурлиновка, в г. Омске на ОАО «Сибкорн» и ряде др. для сжигания лузги успешно используются реконструированные котлы КЕ-4, КЕ 6,5, ДКВр-4 и ДКВр-6,5 с радиальной вихревой топкой. Такие котлы с радиальной вихревой топкой наиболее компактны (их габариты ненамного превышают внешние размеры собственно котельного блока) и могут устанавливаться, как и газомазутные, на нулевой отметке.

Отказ от совместного сжигания лузги и природного газа, а также разработанные на основе исследований НИЦ ПО «Бийскэнергомаш» режимные мероприятия и методы очистки топки и трубных пучков на сегодня обеспечили стабильную работу всех поставленных и реконструированных котлов.

## Древесные отходы вместо угля

В Верхнекетском районе Томской области стартовали несколько проектов, связанных с переводом ряда энергетических объектов с привозного угля на локальное топливо – отходы деревообрабатывающей промышленности. Так, к лету этого года планируется завершить перевод с угля на щепу и



опилки котельной в пос. Белый Яр, расположенном в 300 км севернее Томска.

Подсчитано, что вместо 7 тыс. т ежегодно сжигаемого угля будет использоваться 21 тыс. м<sup>3</sup> плотного древесного топлива. При этом экономия составит около 6,3 млн руб. в год.

Согласно заявлению властей модернизация котельной позволит на несколько лет остановить рост тарифов. Отметим, что до настоящего времени отходы деревообработки не находили применения и выбрасывались.

Другой проект будет реализован в пос. Степановка того же района. В его рамках дизель-генераторная электростанция будет заменена парогенераторной установкой, также использующей в качестве топлива древесные отходы. По информации областной администрации, при этом себестоимость электроэнергии снизится с 13 до 6 руб. за 1 кВт·ч.

Аналогичные мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности и перевод на местные виды топлива, намечены и в других населенных пунктах региона. Для их реализации в области образована комиссия по энергосбережению и энергоэффективности под председательством губернатора Виктора Кресса.

# Unical®

**Unical открыл производство  
паровых котлов!!!!!!**

**Лучшие цены**

**Европейское качество**

**Минимальные сроки поставки**

## **Unical BAHR UNO**

Горизонтальный двухходовой паровой котел  
низкого давления (до 1 бар)

- 12 моделей паропроизводительностью  
от 200 до 3000 кг/час

## **Unical BAHR 12**

Горизонтальный двухходовой паровой котел  
на рабочее давление до 12 бар

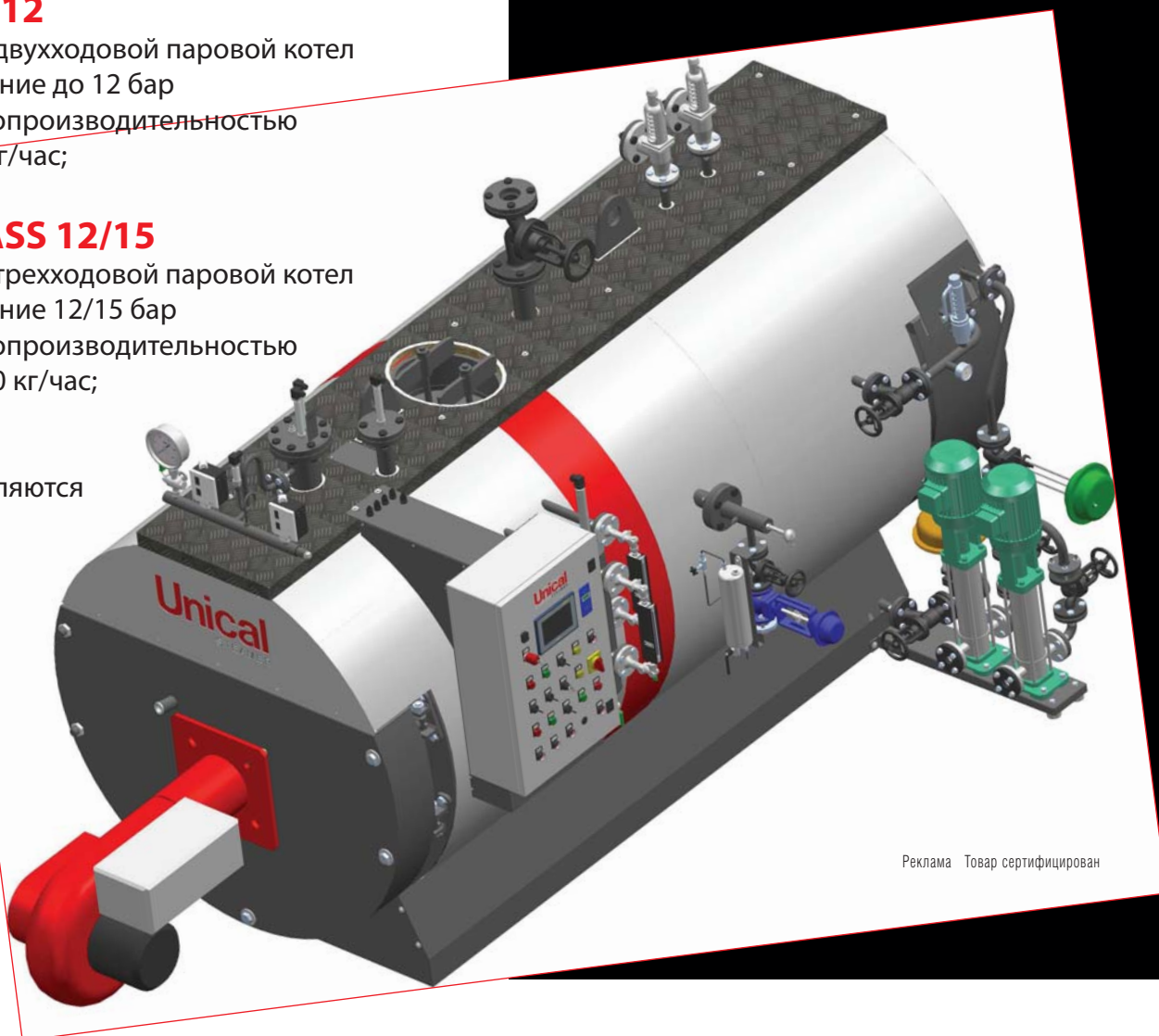
- 14 моделей паропроизводительностью  
от 300 до 5000 кг/час;

## **Unical TRYPASS 12/15**

Горизонтальный трехходовой паровой котел  
на рабочее давление 12/15 бар

- 10 моделей паропроизводительностью  
от 2000 до 15000 кг/час;

Все котлы поставляются  
в комплектации  
в соответствии  
с требованиями  
российских норм  
и правил



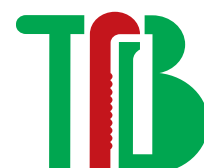
Реклама Товар сертифицирован

ООО «Теплогазоснабжение и вентиляция»

**продажа котельного оборудования**

[495] 748 11 77

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





При приобретении паровых котлов встает вопрос, какой конструкции отдать предпочтение. Какие преимущества и недостатки разных типов окажут влияние на их последующую эксплуатацию?

# Выбор парового котла: прямоточный или жаротрубный?

Й. Лоос

## Особенности конструкции

Конструкция прямоточного парового котла – водотрубная: подаваемая питательная вода нагревается и превращается в пар за один проход по трубам.

Благодаря такому исполнению, без выделенного парового пространства, требуется относительно небольшое количество воды, которая быстро превращается в пар (рис. 1).

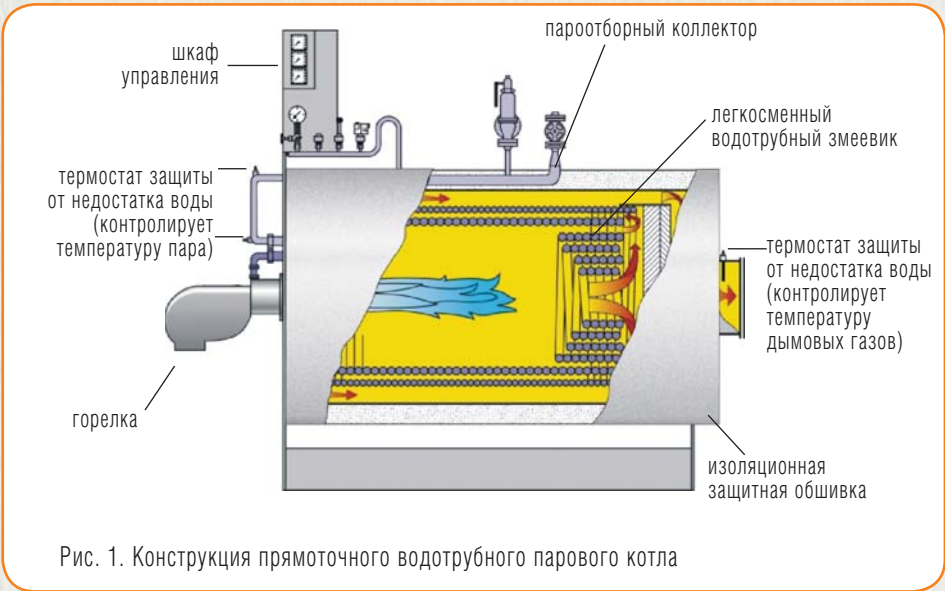


Рис. 1. Конструкция прямоточного водотрубного парового котла

В жаротрубном котле поверхности нагрева соприкасаются с пламенем и дымовыми газами, с обратной стороны омываются водой. Она превращается в пар на поверхностях нагрева. Пузырьки пара поднимаются вверх и собираются в предназначенном для накопления пара месте для последующего использования (рис. 2). В котле имеет место естественная внутренняя циркуляция воды.

Конструкция жаротрубных котлов, в которой реализуется два или три хода дымовых газов, состоит из жаровой трубы и дымогарных трубок, поэтому котлы такого типа называются также жаротрубно-дымогарными.

## Стоимость

Закупочные цены на водотрубные прямоточные котлы выгодно отличаются от стоимости жаротрубных. В зависимости от паропроизводительности и давления прямоточный паровой котел на 25–40 % дешевле сопоставимого по мощности жаротрубного.

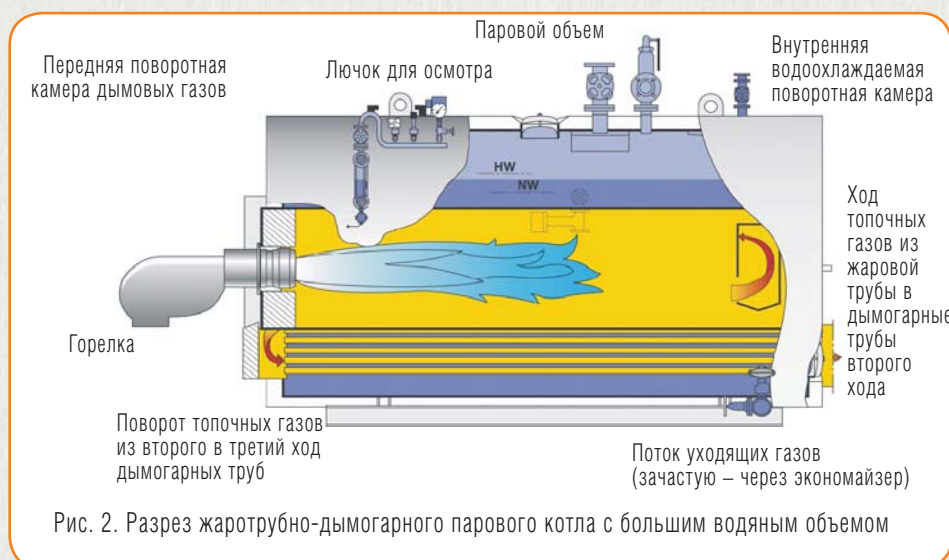


Рис. 2. Разрез жаротрубно-дымогарного парового котла с большим водяным объемом

## Техническая оценка

Конструкция жаротрубно-дымогарного котла обуславливает практически идеальные физические условия для теплопередачи и аккумуляции пара. Благодаря этому достигается оптимальное качество пара и постоянство его давления. Четкое разделение водного и парового пространства позволяет получить насыщенный пар высокого качества. При этом основная часть воды, содержащейся в паре, остается в котле. Контроль защиты от недостаточного количества воды является простым и непосредственным. Высококачественные устройства регулирования и контроля уровня воды на основе измерительных электродов практически исключают повреждения, связанные с недостатком воды. Благодаря большим объемам воды и парового пространства жаротрубно-дымогарный котел не только устойчив к колебаниям потребления пара, но и поставляет относительно сухой пар даже тогда, когда кратковременно превышает свою максимальную паропроизводительность.

Большой объем воды, смешивание подаваемой питательной воды с горячей, значительная площадь омываемой поверхности нагрева делают жаротрубный котел менее чувствительным к работе с жесткой водой, а также коррозионно-устойчивым с внутренней стороны.

Конденсатная коррозия внутри котла у жаротрубных котлов высокого давления может быть исключена. Очистка от загрязнений со стороны дымовых газов проводится просто и эффективно. За счет

этого снижается расход топлива, также как и затраты на обслуживание.

В то же время для жаротрубного котла необходимы большое помещение и соблюдение предписанных условий установки.

Прямоточный паровой котел не предъявляет высоких требований к котельному помещению, организации эксплуатационного контроля и периодического технического надзора.

Преимуществом прямоточного парового котла является также его быстрый пуск. Это особенно важно в котельных, где жаротрубно-дымогарный котел используется в качестве резервного или пикового, и без второго котла, прямоточного, его пришлось бы длительное время без необходимости поддерживать в горячем резерве.

Чем больше объем воды, тем выше потери энергии при простое котла. При регулярных простоях более чем 36 ч лучше использовать прямоточные паровые котлы. В каждом отдельном случае время простоя котла зависит от большого числа параметров.

Прямоточные паровые котлы требуют жесткого соответствия между выработкой пара и подачей топлива. Поэтому следует использовать модели, которые и при малой мощности работают по двухступенчатой схеме, так что подача топлива и воды регулируется автоматически в зависимости от потребления пара. Таким образом, сокращается частота включений горелки при меняющихся нагрузках.

Высокая частота включений – недо-

статок прямоточных паровых котлов по сравнению с жаротрубно-дымогарными.

Прямоточные паровые котлы не имеют аккумуляющих объемов для пара и воды. Это необходимо компенсировать за счет регулирования подачи топлива, что и приводит к частому включению–выключению котла, т.е. к работе в режиме «полная – неполная нагрузка». Устройства управления и регулирования подвергаются в этом случае существенно более высокому износу.

Помимо этого, каждый розжиг сопровождается небольшим отложением сажи на поверхности нагрева. Это обуславливает более короткие периоды между их чистками по сравнению с жаротрубно-дымогарными котлами.

Частые включения горелки – причина повышенного расхода топлива: при каждом пуске горелки камера сгорания должна быть провентилирована из-за опасности вспышки. Нагретый воздух уходит через дымовую трубу, унося тепло от поверхностей нагрева.

## Эксплуатационные особенности

Диаграммы на рис. 3, 4 демонстрируют существенную разницу между жаротрубно-дымогарным паровым и прямоточным паровым котлами. Кривая серого цвета соответствует типичному, взятому из практики графику потребления пара.

Кривая красного цвета на рис. 3 показывает изменение мощности жаротрубно-дымогарного парового котла с двухступенчатой горелкой: мощность колеблется между 1 и 2 ступенями. Выключение горелки происходит только в случае ощутимого снижения расхода пара.

Кривая синего цвета на рис. 3 – график изменения мощности прямоточного парового котла с двухступенчатой горелкой. На нем четко выражено большое число циклов «включение – выключение» горелки. Падение расхода пара ниже 40 % влечет за собой циклы с полным отключением горелки, обуславливающие повышенный расход топлива из-за вентиляции при пуске.

На рис. 4 кривая красного цвета показывает очень незначительные колебания давления пара в жаротрубно-дымогарном паровом котле, синего (прямоточный котел) – колебания в диапазоне 5,5–9 бар.

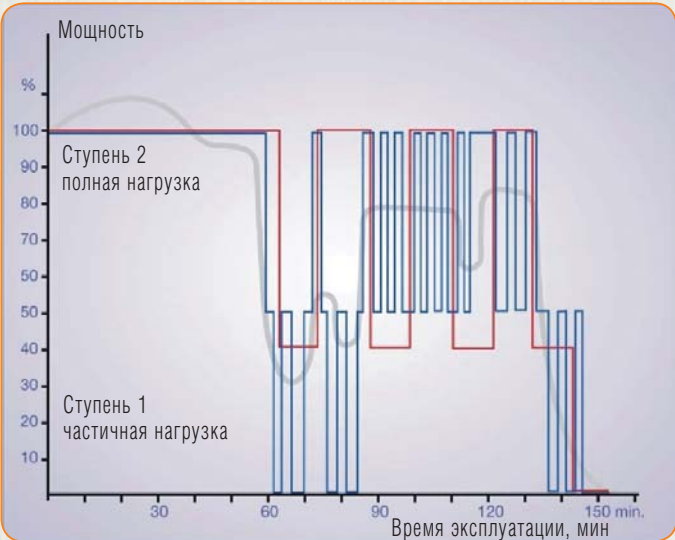


Рис. 3. Изменение мощности горелки жаротрубно-дымогарного и прямоточного паровых котлов

— Типичный график расхода пара  
— Мощность горелки жаротрубно-дымогарного котла  
— Мощность горелки прямоточного котла



Рис. 4. Изменение давления пара жаротрубно-дымогарного и прямоточного паровых котлов

— Типичный график расхода пара  
— Давление пара на выходе жаротрубно-дымогарного котла  
— Давление пара на выходе прямоточного котла

Таблица. Достоинства и недостатки использования прямоточных и жаротрубных паровых котлов

Прямоточный		Жаротрубно-дымогарный	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Меньшая стоимость</li><li>• Компактность</li><li>• Малая площадь для установки</li><li>• Простота получения разрешения на установку</li><li>• Ограниченный надзор</li><li>• Простая и недорогая замена находящихся под давлением частей</li><li>• Короткое время разогрева</li><li>• Незначительные потери тепла при выводе из эксплуатации на несколько дней</li><li>• Полностью автоматизированный пуск и останов</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Влажность пара</li><li>• Колебания давления на выходе</li><li>• Использование поршневых питательных насосов (требуется периодическая замена масла и уплотнительных манжет)</li><li>• Высокая частота включений, повышенный износ деталей горелки и устройств переключения</li><li>• Большие потери тепла при пуске из-за вентилирования</li><li>• Отложения накипи и коррозионный износ при недостаточной водоподготовке</li><li>• Необходима жесткая взаимосвязь между расходом воды и топлива</li><li>• Защита от недостаточного количества воды осуществляется только косвенная: отчасти по возникающему перегреву, частично – посредством контроля давления или потока</li><li>• Требуется хорошо обученный обслуживающий персонал</li><li>• Проблемы при включении нескольких котлов в единую паровую сеть</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Сухой пар</li><li>• Стабильность давления</li><li>• Надежные питательные насосы</li><li>• Аккумулирующая способность</li><li>• Возможность свободного регулирования мощности</li><li>• Надежная защита от недостатка воды</li><li>• Малые отложения сажи благодаря небольшому числу розжигов</li><li>• Нечувствительность к возможным ошибкам персонала при эксплуатации</li><li>• Простота шламоудаления и обессоливания (автоматизировано)</li><li>• Низкие эксплуатационные расходы</li><li>• Свободное включение котлов в общую паровую сеть</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Относительно высокая стоимость</li><li>• Большие размеры</li><li>• Больше требований к помещению для установки</li><li>• Сложнее получить разрешение на использование</li><li>• Более строгий надзор</li><li>• Повышенные затраты на ремонт при повреждениях корпуса котла</li><li>• Длительное время нагрева</li><li>• Повышенные тепловые потери при выводе из эксплуатации на более чем 1,5 дня</li><li>• Пуск котла – только под наблюдением</li></ul>

Еще один недостаток котлов с принудительной циркуляцией (прямоточных) проявляется в ситуации, когда два котла или более работают в одной паровой сети, на которую они влияют посредством давления.

В этом случае важно, чтобы настройка каждого из котлов и регулирование давления обеспечивали возможность свободной подачи произведенного в котле пара до тех пор, пока происходит горение.

Если один котел с более высоким давлением становится ведущим, то другой может полностью производить подачу пара в линию только тогда, когда уровень давления пара в этом котле превысит уровень давления общей паровой сети. Иначе возможен перегрев и сокращение срока службы прямоточного парового котла. Подобная ситуация не представляет никакой опасности для жаротрубно-дымогарных котлов.

Выводы

Прямоточные паровые котлы должны использоваться, если не требуется высокое качество пара, постоянство давления (или температуры) и резервный запас пара. Для котлов мощностью более 2000 кг/ч или при безостановочной эксплуатации предпочтение следует отдавать паровым котлам с большим объемом воды (жаротрубно-дымогарного типа). Достоинства и недостатки котлов обоих типов сведены в табл.

# КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ BOILERS AND BURNERS

# VIII

МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА  
ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ



ufi  
Approved  
Event

Международный Форум:  
«Реализация программ  
энергосбережения  
и повышения  
энергоэффективности»

25-28 мая  
Санкт-Петербург '10

Петербургский СКК, пр. Ю. Гагарина, 8  
т./ф.: +7 (812) 777-04-07, +7 (812) 718-35-37  
[http: www.farexpo.ru](http://www.farexpo.ru), e-mail: [gas2@orticon.com](mailto:gas2@orticon.com)

Организаторы:



Генеральный информационный партнер:

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ  
**КОТЕЛЬНЫЕ**  
МИНИ-ТЭЦ

Информационные партнеры:





Энергокомплексы с котлами под наддувом для стационарной энергетики обладают рядом преимуществ перед котлами на вентиляторном дутье

## Малогабаритные энергонапряженные паровые котлы СКБК

В. Пильдиш, к. т. н., А. Алексеев, к. т. н.

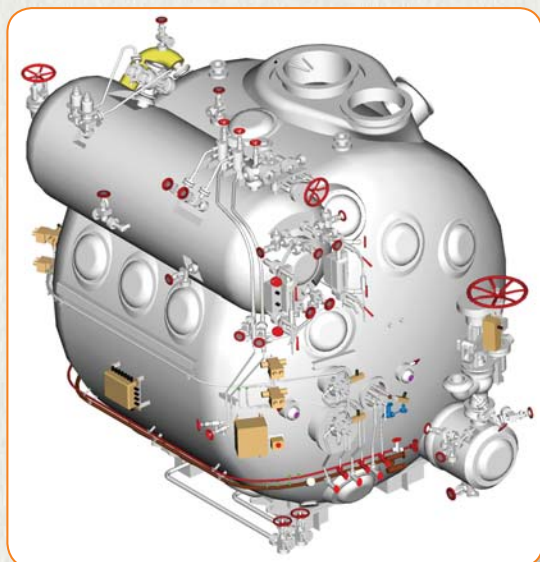
*Санкт-Петербургское «Специальное конструкторское бюро котлостроения» (СКБК), основанное в 1946 г., специализируется на ОКР, проектировании, изготовлении, поставках, пусконаладке, технической диагностике и ремонтно-восстановительных работах судового и наземного энергетического (включая атомные установки), теплового и теплообменного оборудования, систем автоматики.*

В 1995 г. в СКБК была начата разработка малогабаритных энергонапряженных котлов для мини-ТЭЦ. Их конструкция, в частности, предусматривает наддув в топку воздуха для горения под давлением до 300–400 кПа. Для вращения осевого компрессора наддува воздуха используется специально организованный тракт уходящих газов, при этом вращение компрессора обеспечивается газовой турбиной, работающей на уходя-

щих газах, а на малых нагрузках – дополнительной паровой коаксиально расположенной турбиной. Компактность топки и газохода достигается за счет эффективной компоновки поверхностей испарения, пароперегрева и экономайзера. Котлы оснащаются двухслойным корпусом-кожухом с воздушным полнопоточным охлаждением топки и газохода.

Принятые схемно-конструктивные решения были всесторонне отработаны и

реализованы в конструкциях котлов типов КВГ ЗГ, КВГ ЗГМ, КВГ 2М-ГМ и других модификаций, адаптированных к условиям работы в составе малогабаритных комплексов для стационарных котельных и отличающихся параметрами пара (КВГ ЗГ и КВГ ЗГМ: давление – до 4 МПа, температура – до 440 °С, паропроизводительность – 75 т/ч; КВГ 2М-ГМ: давление – до 3,5 МПа, температура – до 300 °С, паропроизводительность – 95 т/ч).



Котел типа КВГ 3ГМ

Параллельно с разработкой комплексов, проектированием котельных, изготовлением оборудования и его поставкой проводился широкий спектр НИОКР. Такой подход позволил выполнить беспрецедентно большой объем работ по успешной реализации предложенных решений. Новые высокоэффективные паровые котельные энергокомплексы для стационарной энергетики обладают рядом преимуществ перед котлами на вентиляторном дутье.

Во-первых, масса основного элемента энергокомплекса составляет 40 т, что на порядок меньше массы широко распространенного аналога (600 т) с близкими показателями по производительности и параметрам пара. Удельная массовая материалоемкость – в пределах 0,4–0,6 кг/кг пара (против 8 кг/кг пара у упомянутого аналога).

Второе преимущество – высокая степень автоматизации посредством микропроцессорной системы, обеспечивающей регулирование режима работы оборудования, защиту и архивацию данных. Система, включающая средства управления низшего и высшего уровней, а также исполнительные органы, поставляется совместно с котельным энергокомплексом и специально разработанным программным обеспечением.

В-третьих, блочно-модульная конструкция котла типа КВГ обеспечивает его поставку в состоянии заводской

готовности автомобильным, железнодорожным и водным транспортом. Масса перевозимых изделий не превышает 40 т. Тем самым сокращаются сроки строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

Котлы производительностью до 100 т/ч изготавливаются в заводских условиях с проведением всех инструментальных технологических проверок и испытаний на прочность и плотность (с арматурой, датчиками и горелочными устройствами). Это является дополнительной гарантией повышенной надежности изделий.

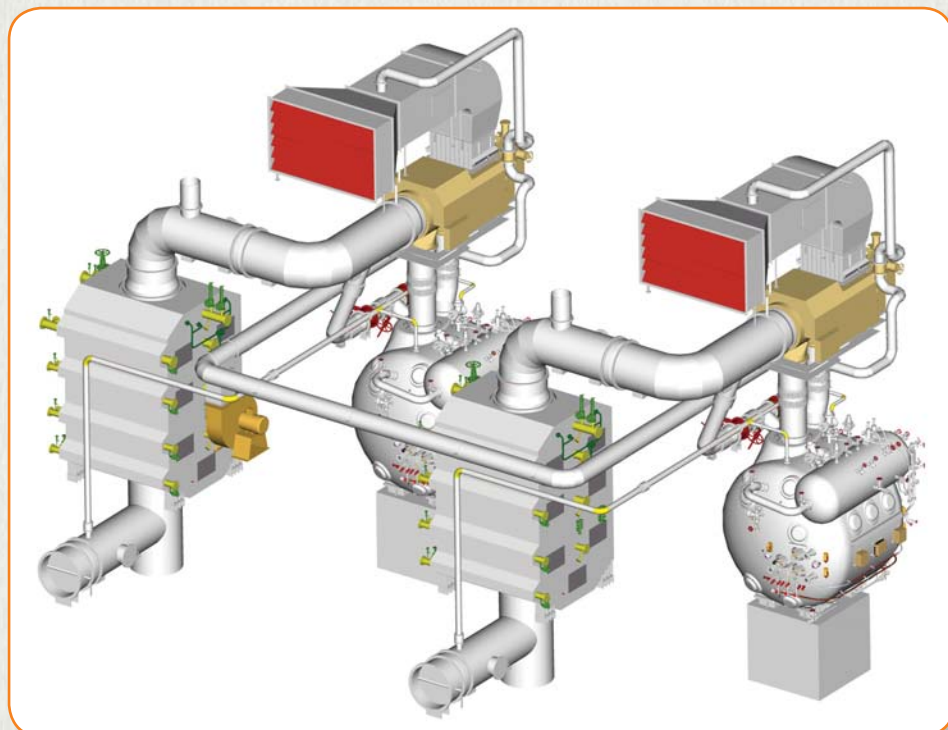
Для котлов производительностью от 75 до 100 т/ч достигнута предельно малая продолжительность монтажа котла на подготовленный фундамент: не более суток (с использованием подъемно-транспортных средств, включая автокраны грузоподъемностью до 50 т) – против многомесячных строительно-монтажных работ для традиционных котлов.

Котел типа КВГ не требует дополнительной установки тягодутьевого оборудования (дымососов, вентиляторов),

что приводит к сокращению потребления электроэнергии (около 500 кВт на один котел).

Небольшие габариты энергокомплексов (В×Ш×Д: 5×4,5×5,3 м для котла КВГ 3ГМ против 19,4×6,8×9,9 м у традиционного котла аналогичной производительности) сокращают объем строительных работ. При этом упрощается монтаж и снижается стоимость строительно-монтажных работ. Сроки ввода объектов и освоения капитальных вложений сокращаются в два раза (не более 1,5 года с момента начала проектно-изыскательских работ до начала промышленной эксплуатации). Кроме того, при реконструкции имеющихся котельных их паропроизводительность может быть увеличена на тех же производственных площадях.

Поскольку температура воздуха, поступающего в котел из компрессора турбонаддувочного агрегата, составляет 125 °С, отпадает необходимость установки воздухоподогревателя. Подача всего потока воздуха для горения в межкожуховое пространство обеспечивает дополнительную тепловую защиту кожуха и упрощает огнеупорную облицовку котла.



Энергокомплекс с двумя котлами типа КВГ 3ГМ



Котельная-ТЭС ОАО «Омский Каучук»

Интенсификация процессов теплообмена позволила сократить суммарную поверхность нагрева до 380 м<sup>2</sup> (у аналогичного по паропроизводительности традиционного котла на вентиляторном дутье – 4150 м<sup>2</sup>). При этом обеспечиваются уникальные динамические показатели: удельная теплonaпряженность топочного пространства достигает 13 МВт/м<sup>2</sup> (0,2 МВт/м<sup>2</sup> у традиционных аналогов).

Применение компактного котла-утилизатора с оребренными трубами для интенсификации теплообмена позволяет довести КПД до 94 %.

Энергокомплекс обеспечивает режим сброса и набора нагрузки во всем диапазоне паропроизводительности за 30–60 секунд, что в десятки раз меньше всех известных аналогов. Такие показатели особенно важны при использовании комплексов в качестве аварийно-пиковых.

Особое внимание при разработке уделялось ремонтнопригодности оборудования и снижению трудоемкости ремонтных работ. К примеру, бригада из четырех человек обеспечивает замену всей поверхности нагрева (демонтаж и последующую установку труб) за 10 дней. Сроки вывода энергокомплекса для капитального (среднего) ремонта с заменой поверхностей нагрева и огнеупоров сокращены до двух-трех недель.

Автоматические отсечные клапаны по пару обеспечивают полную герметизацию комплекса от потребителей в аварийных ситуациях. При этом выполняется принцип консервативности генератора

пара, что существенно повышает безопасность и сокращает время готовности к восстановлению пароснабжения.

## Примеры внедрения

В 1996 г. СКБК выиграло тендер АО «Мажейко Нафта» (Литва) с участием пяти ведущих зарубежных котлостроительных фирм. В решении тендерной комиссии отмечено, что комплекс на основе котла КВГ ЗГМ имеет несколько существенных преимуществ: компактность, рез-

кое снижение затрат на строительство котельной, меньший срок пусконаладки, дешевизна. Построенная для нефтеперерабатывающего комбината котельная с КВГ ЗГМ эксплуатируется с 1998 г. Ее мощность – 60 МВт.

В 2002 г. сдана в эксплуатацию котельная завода синтетического каучука ОАО «Нижнекамскнефтехим» (Нижнекамск, Татарстан). Два котла КВГ ЗГМ общей мощностью 120 МВт работают на природном газе и на жидких углеводородных технологических отходах химического производства.

В 2002 г. введена в действие мини-ТЭС с котлом КВГ ЗГ и турбогенератором мощностью 4 МВт. Заказчик – ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (Магнитогорск, Челябинская обл.).

С 2005 г. эксплуатируется новая котельная с двумя котлами КВГ ЗГМ (общая мощность – 120 МВт), принадлежащая ОАО «Волжский Оргсинтез» (Волжский, Волгоградская обл.). Энергокомплексы выбраны заказчиком по результатам поиска оптимального решения.

Для ОАО «Омский Каучук» (Омск) построена современная автономная котельная-ТЭС с двумя котлами КВГ ЗГМ и четырьмя котлами КВГ 2М-ГМ. Три очереди введены в период с 2007 по 2009 гг. Суммарная тепловая мощность котельной и ТЭС – 520 МВт.

Опыт внедрения энергокомплексов и сделанные разработки позволяют определить наиболее целесообразную нишу использования такой техники. Это автономные котельные паропроизводительностью от 50 до 600 т/ч, от которых требуются высокие надежность и степень автоматизации при широком спектре выходных параметров по нагрузке и динамическим характеристикам и при низких совокупных строительно-эксплуатационных затратах.



Выгрузка на стройплощадку котла производительностью 75 т/ч

# ПОЧЕМУ ГОРЯЧАЯ ВОДА НЕ ОСТЫВАЕТ, А ХОЛОДНАЯ НЕ НАГРЕВАЕТСЯ?



Реклама Товар сертифицирован

Компания **ROLS Isomarket** предлагает полный ассортимент теплоизоляционных материалов для систем отопления, водоснабжения и канализации.

ROLS Isomarket - ведущий производитель технической теплоизоляции в России. В 1999 году компания ROLS Isomarket организовала первое в России производство технической теплоизоляции из вспененного полиэтилена. В течение последующих лет был разработан и внедрен в серию целый ряд инновационных продуктов. Сегодня компания предлагает полный ассортимент теплоизоляционных материалов для систем отопления и водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, а также покровные материалы, обеспечивающие надежную защиту теплоизоляции. Система менеджмента качества продукции сертифицирована по ISO 9001:2000. Продукция ROLS Isomarket отвечает мировым требованиям к качеству и ассортименту. Получить подробную информацию о продукции компании ROLS Isomarket можно на сайте [www.rols-isomarket.ru](http://www.rols-isomarket.ru)



**ROLS ISOMARKET**

лидер рынка  
и эксперт  
в технической  
теплоизоляции



Система «3D Энерготехника» разработана для решения задач по проектированию водогрейных котельных, но может быть использована при конструировании любых энергоустановок

## Для проектирования котельных: «3D Энерготехника»

О. Мишутин

**В** настоящее время для проектирования энергетических объектов предлагается ряд специализированных программных комплексов. Стоимость профессиональных средств разработки, как правило, довольно велика, а выпуск демонстрационных версий для них не практикуется. Поэтому к выбору соответствующего программного продукта следует подходить с большой осмотрительностью, комплексно оценив свои финансовые возможности и функциональные особенности приобретаемой системы. (При этом необходимо отдавать себе отчет в том, что никакая программа не заменит грамотного инженера.) Ниже мы рассмотрим программный пакет «3D Энерготехника», разработанный германской компанией liNear.

### Что такое САПр

В мировой практике отечественному термину САПр (система автоматизированного проектирования) соответствует составная аббревиатура CAD/CAM/CAE, иногда дополняемая еще PDM. Каждая из ее частей обозначает определенную систему моделирования, анализа и расчета характеристик, а также производства продукта. Собственно CAD (computer-aided design – система автоматизированного проектирования) обеспечивает моделирование и визуализацию изделий или их деталей в двух или трех измерениях. CAM (computer-aided manufacturing – система технологической подготовки производства) осуществляет программирование станков с числовым программным управлением в соответствии

с созданной моделью. CAE (computer-aided engineering – система инженерного анализа) позволяет анализировать механические, температурные, магнитные и иные физические свойства разрабатываемых изделий, осуществлять симуляцию различных условий и нагрузок на детали, а также рассчитывать стоимостные характеристики готового изделия и планировать производственный цикл. Наконец, PDM (product data management – системы управления инженерными данными) обеспечивают хранение и управление проектно-конструкторской документацией на разрабатываемые изделия, внесение в документацию изменений, сохранение истории этих изменений и т.п. На мировом рынке САПр сегодня наблюда-

ется усиление интеграции систем CAD/CAM/CAE и PDM.

Программы для проектирования инженерных систем имеют определенную специфику по сравнению с обычным машиностроительным САПром. Они должны удовлетворять следующим требованиям: наличие пополняемых библиотек оборудования и арматуры; соответствие государственным стандартам той страны, где они применяются; совместимость с основными программами, используемыми в конструкторской практике (AutoCAD, Autodesk Architectural Desktop и т.д.); наличие расчетной части, позволяющей по заданным параметрам производить подбор оборудования. Далеко не все из программ, объявляемых разработчиками полноценными САПрами, удовлетворяют этим условиям.

### liNear – проектировщикам

На сегодняшний день немецкой компанией liNear для проектирования инженерных систем выпущено четыре основных программных продукта: «3D Энерготехника», «3D Спецификация», «3D Гидравлика» и «3D Микроклимат». Все они предназначены для работы с трехмерными объектами и предполагают, что задание расчетной схемы или конструирование ведутся с использованием трех осей координат. Программы полностью русифицированы и адаптированы к российским стандартам. Русификацией, технической поддержкой и распространением на территории России этих программных комплексов занимается московская компания «3D Инжиниринг».

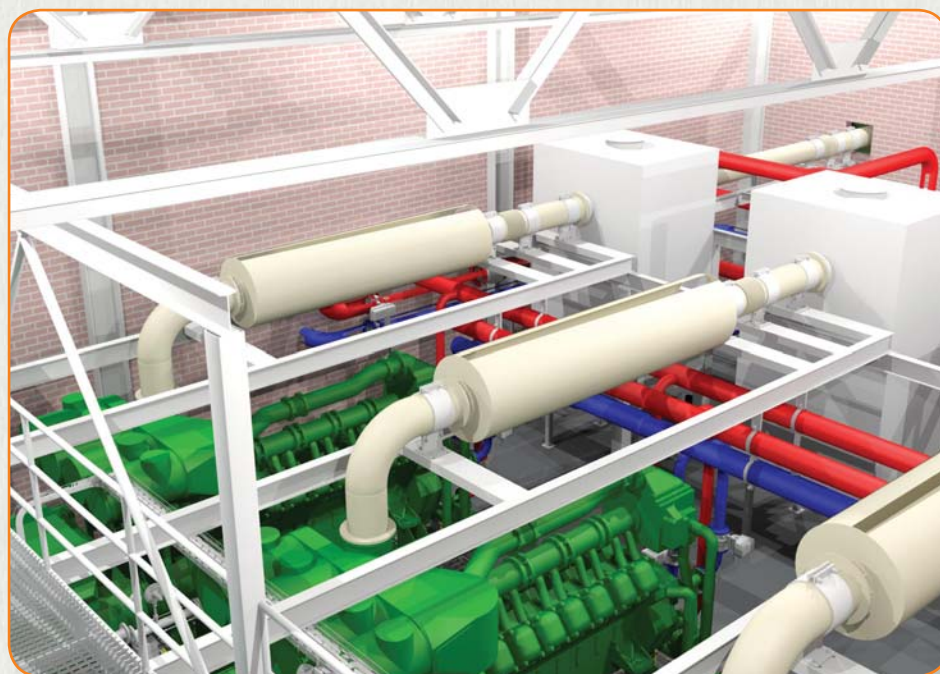
### «3D Энерготехника»

Система «3D Энерготехника» разработана для решения задач по проектированию водогрейных котельных, но может быть использована при конструировании любых энергоустановок. Данная программа не ориентирована на какого-либо изготовителя оборудования или конкретный набор типовых решений.

Продукт базируется на платформе AutoCAD 2002–2006. Проектирование ведется в масштабе 1:1 на основе обширных библиотек 3D-моделей оборудования, при поддержке удобно сконструированных «ассистентов» и интуитивно понятного диалога на русском языке. Ассортимент применяемых трубопроводов (трубы,

отводы, переходы, фланцы) полностью адаптирован к отечественным ГОСТам.

Проектировщик может сам создавать трехмерные модели и включать их в библиотеки, сопровождая необходимыми описаниями, которые в дальнейшем используются при автоматическом составлении спецификаций, позиционных перечней и т. п. На основе готовой 3D-модели проектировщик приступает к выпуску обычных двухмерных чертежей и спецификаций, включаемых в тома проекта в соответствии с ЕССД.



Использование данного комплекса помогает сократить трудозатраты, стоимость и срок проектирования энергоустановок. Интегрированные в программу «ассистенты» позволяют: задавать и редактировать конструктивные элементы и отделку здания, в котором будет находиться установка, – стены, двери, окна, фундаменты, перекрытия; конструировать из стандартных стальных профилей площадки, лестницы, ограждения и опоры; использовать библиотеки 3D-моделей оборудования для энергоустановок, выпускаемых известными изготовителями, а также обобщенные модели, не «привязанные» к конкретному производителю; создавать пользовательскую базу 3D-моделей; в диалоговом режиме размещать модели оборудования в помещении и на трубопроводах; производить сопро-

вождающий аудит неподключенных окончаний; прокладывать 3D-трубопроводы с диаметром условного прохода Ду от 10 до 1600 мм и условным давлением Ру от 6 до 40 кгс/см<sup>2</sup>; выбирать материал труб, теплоизоляцию и состав трубопроводов (отводы, фланцы, тройники, переходы, заглушки, днища, сварные, резьбовые и болтовые соединения, прокладки, уклоны и пр.); автоматически идентифицировать строительные конструкции на пути трубопровода; проверять соблюдение типовых и задаваемых пользователем межтруб-

ных расстояний и удалений труб от стен, перекрытий и теплоизоляции; создавать спецификации и позиционные перечни для проектной и монтажной документации, а также таблицы раскроя для прямых участков труб; формировать презентационные пространственные виды на базе 3D-моделей; подготавливать двумерные проектные и конструкторско-монтажные чертежи в полном объеме на базе единой 3D-модели энергоустановки.

Техническая поддержка этого продукта, проводимая специалистами «3D Инжиниринг», состоит в проведении тренингов по работе с программой, консультациях и создании базы моделей. На сегодняшний день отечественными инженерами создана библиотека, составляющая свыше 30 % исходной библиотеки фирмы liNear. С помощью комплекса «3D



Энерготехника» разработаны проекты ряда российских объектов. За шесть лет, прошедших после появления этого программного продукта на нашем рынке, продано около 30 лицензионных пакетов.

Среди пользователей программы «3D Энерготехника», являющихся официальными клиентами компании «3D Инжиниринг» библиотека и ее обновления распространяются бесплатно один раз в квартал. Все обновления, как программы, так и библиотеки, предоставляемые немецкой стороной, клиенты также получают бесплатно.

Строго говоря, программный комплекс «3D Энерготехника» назвать САПром нельзя. Дело в том, что здесь практически отсутствует составляющая САЕ, т.е. расчетно-аналитическая часть. Вместе с тем расчеты, производимые при проектировании энергоустановок, гораздо проще, чем, скажем, расчеты гидравлических или вентиляционных систем, где необходимость в этой части существенно больше.



Как все программы, работающие с трехмерной графикой, «3D Энерготехника» имеет жесткие минимальные системные требования. Для нормального функционирования программного комплекса необходимы: процессор с эффективной частотой более 1 ГГц, не менее 1 Гбайт оперативной памяти, опера-

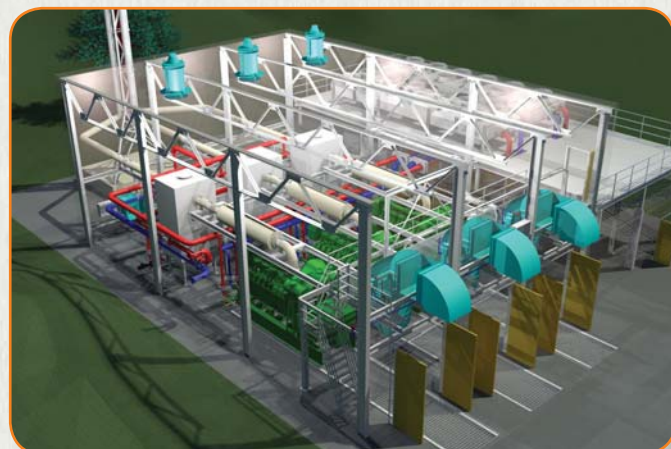
ционная среда Windows XP или Windows Professional, мощная видеокарта. Для комфортной работы проектировщику желательно иметь монитор с большой диагональю, высоким разрешением и максимальной частотой обновления экрана.

О цене вопроса. Стоимость данного комплекса (лицензия на одно рабочее место) составляет 155 тыс. руб. Цена включает: программу «3D Энерготехника»; оригинальный набор библиотек от компании liNear (около 5500 наименований); дополнительный набор библиотек от компании «3D Инжиниринг» (более 4200 наименований); двухдневное обучение с выездом специалиста в пределах Москвы и Московской области (возможен выезд по территории России); полугодичная консультация и помощь по вопросам работы в программе; создание моделей любой сложности для добавления в библиотеку пользователя (общим объемом до 3 Мб; средний объем модели составляет 250 кВ); интеллектуализация и интеграция в библиотеку моделей, созданных пользователями (независимо от даты приобретения программы).

При покупке трех и более лицензий в течение полугодия предоставляется скидка в размере 15 тыс. руб. Для тех кто по тем или иным причинам не готов заплатить такую сумму за полнофункциональный комплекс, фирма liNear через партнеров распространяет двумерные или иным способом ограниченные реализации своих программ. Так, компания Viessmann (Германия) предлагает своим клиентам существенно упрощенный вариант «3D Энерготехники», рассчитанный только на оборудование этого производителя.

## А также...

В заключение коротко охарактеризуем оставшиеся продукты liNear. Программный комплекс «3D Гидравлика» – полно-



ценный САПр, предназначенный для расчета и проектирования больших трехмерных гидравлических сетей. Самый интересный проект, реализованный с его помощью, – гидравлические сети трех башен гостиничного комплекса в Дубае (ОАЭ). Только задача балансировки для этого проекта решалась в течение 14 ч на самом мощном компьютере.

Основное назначение «3D Микроклимат» – определение теплофизических характеристик и расчет тепло- и холодопотребности зданий и сооружений.

«3D Спецификация» позволяет в соответствии с российскими ГОСТами составлять на основе трехмерной модели спецификации по нескольким разделам: «Тепломеханическая часть», «Газоснабжение (внутренние устройства)», «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», «Водопровод и канализация» и т.д.

# elco



## ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

от 40 до 2100 кВт

газовые, дизельные и комбинированные горелки в наличии на складе в Москве

от 2100 до 45000 кВт

под заказ в кратчайшие сроки с заводов во Франции и Германии

Новейшие технологии для:

- снижения выбросов вредных веществ (Nox);
- экономии энергоносителя;
- удаленной диспетчеризации.

Специальные двухблочные горелки с регулированием геометрии факела.

Реклама Товар сертифицирован



**Эксклюзивный поставщик продукции ELCO в Российской Федерации:**  
ООО "Межрегионэнергокомплект"  
143966, Московская область  
г. Реутов, ул. Парковая д.8

тел./факс: (495) 790-78-91  
e-mail: [box@elco-burner.ru](mailto:box@elco-burner.ru)  
[www.elco-burner.ru](http://www.elco-burner.ru)



Мини-ТЭЦ на базе газового двигателя должна покрывать приблизительно 30–50 % максимальной ежегодной потребности предприятия в тепловой энергии

## Газопоршневые мини-ТЭЦ

П. Ильин

**Д**вигатели внутреннего сгорания уже давно используются для привода автономных электростанций. В наиболее известных случаях это – дизельные моторы, которые традиционно применяются в районах, где отсутствует традиционное энергоснабжение, и резервные источники энергии. Они бывают оснащены теплообменным оборудованием, и тогда представляют собой мини-ТЭЦ. При этом находит применение бросовое тепло выхлопных газов (их температура обычно составляет 450–500 °С), а в моделях с глубокой утилизацией – также тепло систем охлаждения и смазки двигателя. Тепловая энергия из таких энергоагрегатов идет на отопление и горячее водоснабжение.

Помимо дизелей в качестве базы для мини-ТЭЦ используют газовые и газодизельные двигатели внутреннего сгорания.

В так называемом газовом режиме газодизели обычно действуют на смеси газа и небольшого количества (от 1 до 10 %) дизельного топлива.

С точки зрения капитальных затрат, наиболее дешевыми являются дизельные мини-ТЭЦ. Однако из-за дороговизны солянки, большего расхода масла и высоких эксплуатационных затрат себестоимость вырабатываемой ими электроэнергии оказывается в несколько раз выше, чем у газовых установок (обладающих к тому же большим ресурсом до капремонта). Таким образом, дизельные когенераторы лучше использовать

в негазифицированных районах. Энергия, получаемая от газодизельных мини-ТЭЦ, также дороже той, что вырабатывают установки на чистом газе.



Машинный зал с ГПУ Waukesha ATGL

Энергоблоки на базе двигателей внутреннего сгорания поставляются в блочно-модульном исполнении для стационарной установки или в транспортельных контейнерах. Кроме того, часто применяются специальные кожухи, поглощающие шум.

На российском рынке представлены газовые когенераторные установки на базе двигателей внутреннего сгорания электрической мощностью до 8,5 МВт. Их электрический КПД составляет порядка 40 %, а общий коэффициент использования топлива достигает 90 %.

Техническое обслуживание поршневых машин проводится чаще, чем обслуживание газотурбинных мини-ТЭЦ (через каждые 1000–2000 ч в зависимости от уровня изготовления). Однако общие эксплуатационные затраты, включающие оплату работы специалистов и стоимость запасных частей, оказываются на 30–40 % ниже. Они также уменьшаются при проведении ТО ответственными силами предприятия.

С точки зрения использования различных видов топлива и простоты перехода с одного из них на другое, поршневые двигатели также обладают большими возможностями. В качестве горючего могут быть использованы природный газ, биогаз, газы мусорных свалок, пиролизные газы, пропан, бутан, попутный нефтяной газ, дизельное топливо, топочные мазуты, сырая нефть и т.д.

Обычно мини-ТЭЦ с газовыми двигателями внутреннего сгорания оказываются эффективнее и экономичнее газотурбинных установок. Исключения составляют случаи, когда на предприятии есть потребность в получении постоянного количества теплоносителя с температурой более 110 °С при большой потребляемой мощности, а также при ограниченном количестве пусков.

В ходе разработки технико-экономического обоснования на строительство автономной теплостанции необходимо в первую очередь рассчитать возможный экономический эффект. Для этого сравниваются различные варианты покрытия потребности предприятия в тепловой и электрической энергии. В каждом случае учитываются затраты на энергоносители и материалы (электричество, газ, тепло, моторное масло и т.д.), на

проектирование, приобретение, монтаж, наладку оборудования, прокладку инженерных коммуникаций, эксплуатационные издержки. Для всех вариантов определяется конечная стоимость тепла и электричества, производится расчет годовой экономии и срока окупаемости капитальных вложений.

Особого внимания заслуживает тема общего ресурса оборудования и интервала между капремонтами. По заявлениям мировых изготовителей, после проведения капитального ремонта в полном объеме и с рекомендуемой инструкциями периодичностью работоспособность техники полностью восстанавливается. Как правило, общий срок службы рассчитан не менее чем на три капремонта. (При правильной эксплуатации он может быть и более продолжительным). Следует помнить, что ресурс до капитального ремонта диктуется вероятностью отказа оборудования в результате износа. Для газовых моторов западного производства он составляет порядка 60 тыс. ч.

Требованием надежности обуславливается также выбор числа и единичной мощности энергетических агрегатов. Ему должно предшествовать решение о том, будет мини-ТЭЦ работать автоном-

но или параллельно с централизованной сетью (если такой режим возможен). Для этого следует сравнить расходы на энергию, потребляемую из сети, и оплату резервирования мощности при параллельной работе с расходами на приобретение, установку и обслуживание резервного агрегата, необходимого в случае полной автономности.

В расчете числа и единичной мощности установок следует учитывать следующее:

- единичная электрическая мощность агрегата должна в 2–2,5 раза превышать минимальную потребность предприятия;
- общая мощность агрегатов должна превышать максимальную потребность предприятия на 5–10 %;
- агрегаты по возможности должны быть одинаковой мощности.

Перечисленные моменты в большей степени относятся к автономному режиму, но их желательно учитывать и при работе параллельно с сетью.

Мини-ТЭЦ на базе газового двигателя должна покрывать приблизительно 30–50 % максимальной ежегодной потребности предприятия в тепловой энергии. Остальная тепловая нагрузка обеспечивается пиковыми водогрейными котлами.



Диспетчерская мини-ТЭЦ



Мини-ТЭЦ, даже сошедшие с конвейера завода, – индивидуальные и отличаются друг от друга потребителями тепла и электроэнергии, пиковыми периодами, гидравлическими режимами теплосетей различной протяженности

## Гидравлические схемы мини-ТЭЦ

Н. Смирный

**П**ервое десятилетие XXI века прошло под знаком активного развития технологии строительства мини-теплоэлектростанций, хотя еще в 1990-х гг. в нашей стране собственная автономная мини-ТЭЦ для небольшого промышленного предприятия или торгового центра казалась ненаучной фантастикой. Первые прорывные проекты показали возможность строительства частных мини-ТЭЦ (что было не вполне очевидно, с точки зрения органов технического надзора). Эти проекты стали пробной площадкой для оценки экономической эффективности вложений отнюдь не малых финансовых и иных ресурсов предприятия, раскрыли реальную себестоимость электрической энергии и показали надежность такого электроснабжения. Этим была подготовлена почва для дальнейшего массового использования мини-ТЭЦ предприятиями и организациями.

Активное внедрение не заставило себя долго ждать. Энергоцентры строятся по-

всюду: ко- и тригенерационные (с утилизацией попутного тепла для тепло-, а также холодоснабжения), подключенные к сетям в качестве резерва, с резервированием «от сети» или в «островном режиме», с приоритетной выработкой электро- или теплоты. Появились проекты, связанные с внедрением электрогенерирующих установок в существующие работающие котельные и тепловые сети. Поскольку в каждом случае проблемы конкретного предприятия решались силами различных проектных групп, были реализованы всевозможные схемы работы оборудования, в том числе и не всегда оптимальные.

Отметим, что само по себе электроснабжение достаточно дорого, и любая мини-ТЭЦ может снизить удельную стоимость генерируемой энергии с помощью ко- или тригенерации. Достигнутая на сегодняшний день эффективность использования внутренней энергии природного топлива достигает 85–90 %. Но для вы-

хода на такие показатели необходим вдумчивый подход ко всем элементам мини-ТЭЦ: динамически меняющиеся потребности в тепло- и электроснабжении не взаимосвязаны, и в таких условиях крайне важна согласованность оборудования электро- и теплогенерации, утилизации тепла.

В нашей стране экономически более эффективно использовать мини-ТЭЦ с приоритетом по электроснабжению, утилизируя неизбежные тепловыделения работающих машин электрогенерации в качестве побочного продукта. Вторично по приоритету и утилизация тепла выхлопных газов.

Рассмотрим возможные схемы гидравлической стыковки оборудования мини-ТЭС в привязке к распространенным в промышленности тепловым сетям с постоянным круглогодичным температурным графиком 110/70 °С без регулирования по температуре наружного воздуха. В таких сетях потребляемой мощностью

управляют изменением количества проходящего через них теплоносителя. Прием, что все необходимое оборудование для регулирования расхода и температуры выполнено в соответствующих тепловых пунктах потребителя, в том числе летом (на нужды ГВС и при получении холода на абсорбционных установках).

Так как варианты реализации мини-ТЭС различны в деталях, положим, что рассматриваемая нами мини-ТЭС содержит:

- две системы электрогенерации с системами утилизации тепла рубашки водяного охлаждения (M1 и M2);
- две системы утилизации тепла выхлопных газов (Y1 и Y2);
- два водогрейных котла (K1 и K2);
- две системы охлаждения (X1 и X2).

Мощности систем утилизации побочного тепла условимся считать пропорциональными мощности электрогенерации во всем диапазоне от минимального до максимального значения. (Заметим, что некоторые производители установок позволяют выключать систему утилизации тепла выхлопных газов и отводить тепловую энергию в атмосферу, но подобное «регулирование» может быть признано только как временная мера для предотвращения аварийных ситуаций.)

### Последовательная схема

Самая простая гидравлическая схема заключается в последовательном подключении утилизаторов и генераторов тепла (рис. 1). Первичный нагрев обратного теплоносителя происходит в рубашке водяного охлаждения двигателя, дальнейший – в утилизаторе тепла выхлопных газов. Температура на выходе из устройства не контролируется и пропорциональна нагрузке на электрогенератор.

Конечная температура теплоносителя может оказаться достаточной для нужд тепловой сети. Однако потребности в отоплении и электроснабжении отдельного предприятия или района ЖКХ в течение года совпадают не часто. Поэтому, если температура теплоносителя на выходе машины недостаточна для системы отопления, то догрев до установленной температуры производится теплогенератором. Так как последний действует

независимо, то поддержание необходимой температуры изменением мощности нагрева может производиться с высокой точностью. Если потребление тепла меньше его утилизации, то температура обратного теплоносителя из тепловой сети растет, и в работу включаются системы охлаждения.

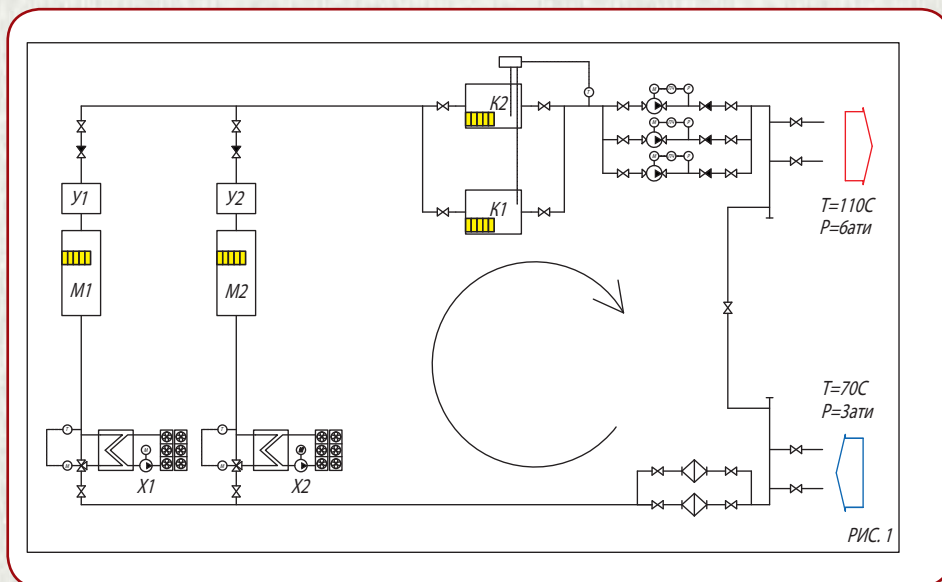
Байпас между прямым и обратным коллектором показан условно – как напоминание о необходимости поддерживать минимально необходимый расход в тепловой сети потребителя. Способы выполнения данного условия просты и выбираются исходя из особенностей гидравлических режимов работы тепловой сети потребителя.

Простота указанной выше схемы заключается в отсутствии необходимости гидравлически увязывать расходы систем утилизации и генерации тепла (расходы воды одинаковы и равны изменяющемуся расходу воды у потребителя). Такую схему, состоящую из исходных взаимонезависимых блоков, легко реализовать на оборудовании российских производителей. Приобрести устройства подобной компоновки у иностранного производителя, скорее всего, не получится – как правило, когенерационные установки поставляются в комплекте с насосами, системами автоматики и защиты. Поэтому для гидравлической увязки такого комплектного блока в описанную схему потребуются дополнительные мероприятия (рис. 2).

На указанной выше схеме элементы увязаны с помощью короткозамкнутого гидравлического контура (гидравлического разделителя). Заметим, что требование минимального расхода в теплосети потребителя здесь не действует – при полном отключении потребителя электрогенерирующие устройства могут работать «на себя» через гидравлический разделитель и систему охлаждения. Схемы с подобной организацией часто рекомендуются производителями иностранного оборудования.

Не стоит забывать о возможности применять вместо гидравлического разделителя теплообменное оборудование. Это особенно важно для систем с недостаточным контролем качества сетевой воды, открытых или старых и распределенных тепловых сетей с постоянными утечками. Выбор схемы увязки лучше всего сделать по результатам технико-экономического обоснования.

Для малых систем схему, показанную на рис. 2, можно улучшить, заменив гидравлический разделитель резервуаром-аккумулятором тепла, сглаживающим возможные кратковременные падения температуры сетевой воды на пике потребления до момента выхода котла на необходимый режим. Пики теплопотребления характерны для систем ГВС (особенно в ЖКХ) или в специфических системах, таких как тепличное хозяйство. Для больших и распределенных систем подобные «набросы» тепловой нагрузки нехарактерны.



терны. К тому же аккумуляторы для таких систем со значительными мощностями и расходами воды довольно дороги.

Ключевой момент схемы с последовательным соединением – возможность одновременной работы котлов и охлаждающих установок. При недостаточном теплоснабжении увеличивается температура обратного теплоносителя и включаются системы охлаждения, обеспечивающие охлаждение в обратной линии до необходимых 70 °С. Но тепла утилизации машин, работающих на неполной нагрузке, недостаточно, чтобы нагреть воду с 70 до требуемых 110 °С. Поэтому одновременно с охладителями включаются котлы. Самое неприятное, что описанная ситуация – это не секундный «переходный момент», а обычный многочасовой режим работы такой мини-ТЭЦ в «условно теплые» дни отопительного периода.

Еще один существенный недостаток последовательных схем – пониженное КПД водогрейных котлов, вынужденных догревать теплоноситель на несколько градусов, работая у верхней границы температурного режима. Зимой, на пике теплоснабжения, котлы в таких схемах могут работать с нормативным КПД. Но в переходные периоды (при среднем и низком уровне теплоснабжения) температура на входе в котел может составлять 95–100 °С, и его КПД значительно снижается. В этом случае на продолжительное время падает и общая эффективность мини-ТЭЦ, растет себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

Этот негативный фактор уменьшается и исчезает при значительном превышении необходимой тепловой мощности над мощностью утилизации тепла электрогенерационных машин (по имеющимся оценкам, соотношение должно быть больше, чем 10:1). Но в большинстве случаев потребности в тепле и электричестве единичного предприятия сбалансированы, и указанный эффект будет иметь место. И если в летний период предприятия готовы мириться с неизбежным снижением потребления тепла и общего КПД мини-ТЭЦ, то в отопительный сезон этого делать нельзя.

### Параллельная схема

Существует ли возможность избежать указанных недостатков? На рис. 3 приведена схема с параллельной работой блоков утилизационного и теплогенерирующего оборудования. В утилизационном блоке сохранилась последовательная схема нагрева теплоносителя как наиболее распространенная в комплектных установках. При этом температура на выходе из блока утилизации контролируется и поддерживается на уровне 110 °С путем изменения расхода. Так как на входе температура воды постоянна (при необходимости системой охлаждения она поддерживается на уровне 70 °С), то увеличение расхода воды приводит к уменьшению температуры на выходе утилизатора, уменьшение расхода – к увеличению температуры. Расход регулируется с помощью насоса

с частотным приводом, работающего по сигналу датчика температуры на выходе утилизатора.

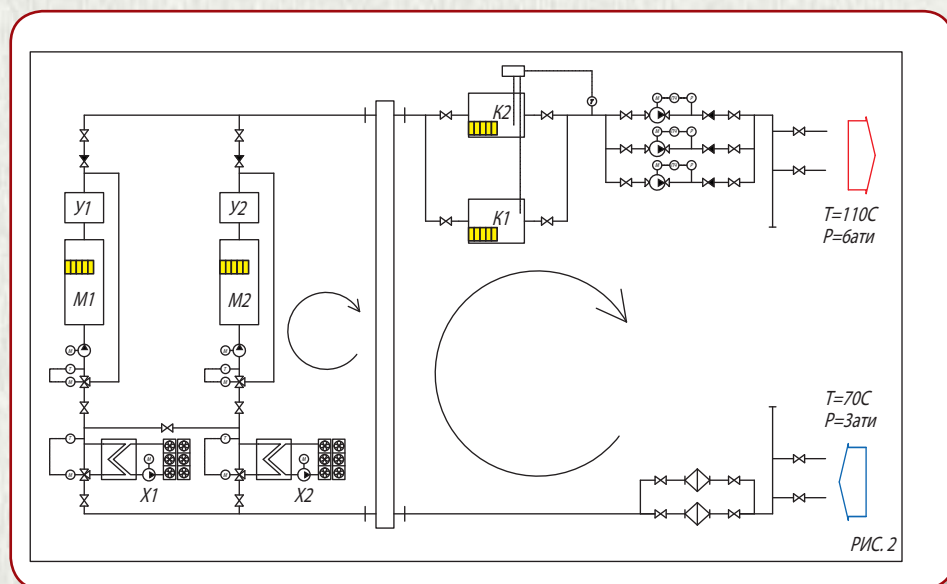
Теплогенерирующее оборудование поддерживает температуру воды в подающей магистрали, подогревая воду с 70 до 110 °С, с максимально возможным КПД. Основная сложность данной схемы – необходимость точно регулировать постоянно меняющиеся расходы теплоносителя через блоки утилизации, водогрейные котлы и тепловую сеть.

Нельзя допускать подмеса воды из обратной линии в подающую через гидравлический разделитель. В этом случае не выдерживается температура подающего теплоносителя, и в то же время увеличивается температура обратной охлаждающей воды на входе электрогенерационных машин, а значит, возникает необходимость включения охлаждающих установок. Схемой уже предусмотрено регулирование расхода воды через блоки утилизации, а тепловая сеть (независимо от мини-ТЭЦ) регулирует расход воды согласно потребности в тепле. Поэтому остается единственная возможность увязать гидравлику схемы – регулировать расход воды через водогрейные котлы. Основной принцип регулирования – поддержание нулевого протока через гидравлический разделитель.

Движение воды и его направление через гидравлический разделитель можно определить по датчикам: если два из трех датчиков показывают одинаковую температуру, то движение среды происходит по направлению к третьему.

Изменение расхода воды через котел можно осуществлять, например, управлением котловым насосом с частотным регулированием привода по алгоритму, основанному на показаниях указанных датчиков. (Алгоритм реализуется программируемым логическим контроллером или другим подобным устройством.)

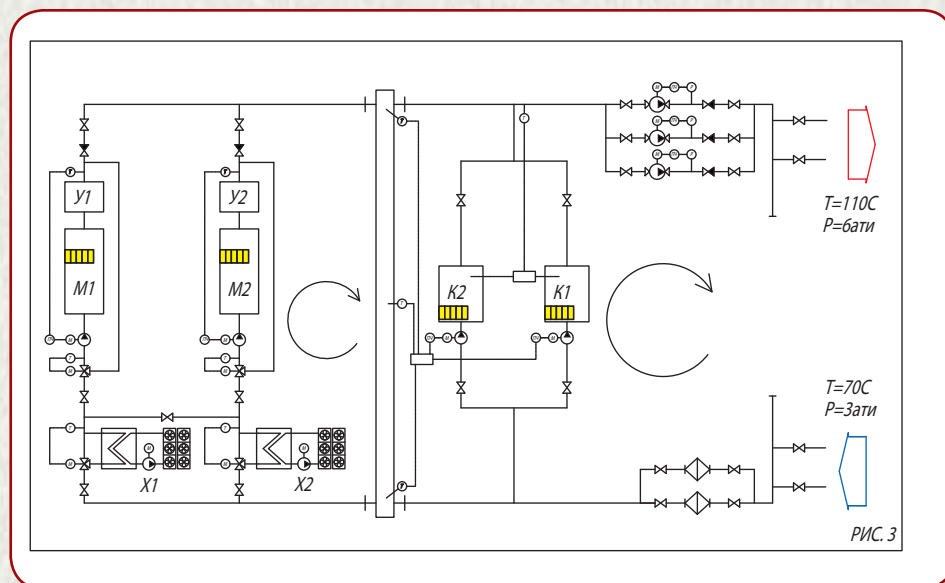
В принципе, возможно еще более повысить КПД утилизации, увязав параллельно все блоки утилизации и водогрейные котлы, но эта схема требует дополнительного обсуждения с производителем электрогенерирующих машин, поскольку необходимо соответствующим образом спроектировать систему безопасности и управления.



Действительно ли указанная параллельная схема может избежать недостатков последовательных схем и не добавить новых? Рассмотрим подробнее. В первую очередь, можно отметить, что схема 3 соответствует всем рекомендациям производителей по организации безопасной и правильной работы электрогенерирующих машин. Наличие гидравлического разделителя снимает все вопросы по гидравлической увязке оборудования, в том числе, о необходимом минимальном расходе в тепловой сети. Фактически схемы 2 и 3 отличаются только местом врезки трубопровода подачи на котлы и наличием дополнительных котловых насосов.

Во-вторых, можно отметить усложнение системы управления – добавляются новые датчики и логический контроллер. Но на таком технически сложном объекте электроника – наиболее надежный класс оборудования, а реализация управляющего алгоритма по плечу программисту средней квалификации.

В целом, экономическая эффективность внедрения параллельной схемы по сравнению с последовательной требует отдельного рассмотрения с учетом незначительного увеличения капитальных затрат (два насоса с частотным управлением и логическое реле с тремя датчиками). Заметим, что избежание одновременной



работы охладителей и котлов в теплый период, а также снижение КПД котлов в отопительный сезон может уменьшить общее годовое потребление газа. Поэтому для первичной оценки эффективности параллельной схемы можно сравнить 3–5 % годовой стоимости потребленного мини-ТЭЦ газа со стоимостью насосов.

В заключение подчеркнем, что описанная параллельная схема не является универсальным решением. Каждый объект – уникален. Мини-ТЭЦ, даже сошедшие с конвейера завода, – инди-

видуальны и отличаются друг от друга потребителями тепла и электроэнергии, пиковыми периодами, гидравлическими режимами теплосетей различной протяженности. Для мини-ТЭЦ, находящейся на конкретном объекте, многие схемы будут работоспособны, и только одна – наиболее эффективна. Все это требует внимания и проектировщика, и наладчика, и инженера службы эксплуатации: цена быстрых решений осознается всеми при получении счетов за энергоносители.

## Тригенерация в Брянске

В Брянске введена в эксплуатацию первая очередь газопоршневой мини-ТЭЦ, обеспечивающая электроэнергией, теплом и холодом торгово-развлекательный комплекс «Торговый дом Тимошковых», расположенный в центре города. Основное оборудование – два агрегата TCG 2020 V12 (суммарная мощность – 2,318 МВт) германской фирмы MWM (ранее Deutz). Максимальная тепловая мощность объекта – 3,477 МВт.

Энергоблок работает совместно с существующей водогрейной котельной тепловой мощностью 1,884 МВт. Система теплоснабжения – четырехтрубная. Теплоносителем системы теплоснабжения является умягченная вода. Расчетный график тепловой сети 105/70 °С, температура воды в системе горячего водоснабжения – 65 °С.

Режим работы мини-ТЭЦ – круглогодичный. В течение отопительного сезона агрегаты поставляют тепловую энергию в системы отопления, ГВС и вентиляции. Установка абсорбци-

онных холодильных машин позволяет в теплый период вырабатывать холод для системы кондиционирования.

Проектировщиком мини-ТЭЦ выступила компания «Энергоснаб»; тепломеханическая часть выполнена кафедрой промышленной теплоэнергетики Липецкого государственного технического университета и Центром энергосбережения и передовых технологий. Поставщик газопоршневых установок – ООО «Чандлер Энерго». Монтаж энергетического оборудования выполнен МПНУ «Энерготехмонтаж» (Москва). Ввод второй очереди запланирован на конец 2010 г.





## Мини-ТЭЦ на пропан-бутане

В. Маркин

Сегодня пропан-бутан, продолжая оставаться альтернативным видом топлива, уже не является настолько неизвестным рынку, чтобы заново взвешивать его плюсы и минусы. Он пользуется достаточно устойчивым спросом во многих направлениях локальной, а в качестве резервного топлива – и в централизованной (большой) энергетике. И если 10 лет назад экзотикой считались и пропан-бутан, и мини-ТЭЦ, то сегодня столь же необычно воспринимается их сочетание: мини-ТЭЦ на СПБТ (сжиженный пропан-бутан технический).

Вопрос, насколько обосновано использование СПБТ в качестве топлива для мини-ТЭЦ, сегодня является исключительно экономическим, поскольку такое решение реализовано многократно и в различных вариантах. Как ни парадоксально, экономическая эффективность применения пропан-бутана зависит, в том числе, и от социологических нюансов: насколько просто и профессионально собран резервуарный парк и выполнена топливная подача, настолько в целом улучшаются экономические параметры проекта.

Прежде чем перейти к рассмотрению конкретных примеров, укажем в каких областях наиболее интересна, локальная генерация электроэнергии с использованием СПБТ в качестве основного топлива. На сегодня это объекты, где подведение сетевого природного газа технологически невозможно, экономически нецелесообразно, а использование преимуществ газового топлива – желательно (для технологических нужд, газолучистого отопления и т.д.). Таким образом, монтируя резервуары СУГ, заказчик «убивает двух зайцев» – полу-

*Прошло почти 10 лет после первой публикации статьи «Котельные на пропан-бутане. За и против», обошедшей страницы многих специализированных изданий. В то время мало кто представлял реальную эффективность использования сжиженного углеводородного газа (СУГ), и приходилось по полочкам разбирать основные «за» и «против», объясняя себе, а заодно и остальным участникам рынка возможные перспективы применения этого альтернативного топлива.*

чает газ для технологических нужд и обеспечивает с его помощью локальную генерацию на мини-ТЭЦ.

Примером такого решения служит реализация ООО «СУ-25» проекта энергообеспечения завода ЗАО «Виادي» на Канонерском острове в Санкт-Петербурге. На данном предприятии для оптимизации затрат энергоснабжения было решено применить следующие виды энергетического оборудования: когенерационные установки Vitobloc фирмы Viessmann (Германия) суммарной мощностью 823 кВт, паровой котел Fulton (США) мощностью 200 кВт, инфракрасные излучатели Roberts Gordon (Великобритания) суммарной мощностью 195 кВт. Кроме того, необходимо было обеспечить технологическую газовую сушку и подачу газа на бытовые плиты.

Перспектива быстро организовать снабжение завода магистральным природным газом отсутствовала, поэтому экономически обоснованным было признано использование в качестве стартового (аварийного) топлива пропан-бутан. На территории предприятия был размещен подземный резервуар с усиленной изоляцией. Его полезный объем – 42,5 м<sup>3</sup> (общий – 50 м<sup>3</sup>: 15 % объема резервируется на тепловое расширение). Испарение такого количества СПБТ дает 11 135 м<sup>3</sup> газообразного топлива. При максимальном расходе 69 м<sup>3</sup>/ч (паровая фаза) периодичность пополнения топливного запаса составляет не менее 6,72 сут.

Наряду с резервуаром предусматривались два испарителя производительностью 100 кг/ч каждый и прокладка наружных подземных газопроводов к потребителям. Регулирование заправки газа выполняется указателем уровня заполнения резервуара. Использовано также устройство для слива газа из автоцистерн и две комплектные испарительные установки FAS-2000 (Германия). Отметим, что пропан-бутановый газопровод паровой фазы отличается от традиционного лишь 5-процентным уклоном в сторону сборника конденсата, который рассчитывается отдельно по ПБ 12-609-03 «Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы».

В состав мини-ТЭЦ вошли автономные модули Vitobloc GG электрической

мощностью 320 и 380 кВт, тепловой – 503 и 551 кВт соответственно. Они полностью автоматизированы и не требуют присутствия обслуживающего персонала. Модули оснащены синхронным генератором для выработки 3-фазного напряжения (400 В, 50 Гц; воздушное охлаждение; тип защиты – IP 23), системой утилизации тепла для отопления (90/70 °С), а также (основной агрегат) 12-цилиндровым двигателем MAN. Это одна из первых мини-ТЭЦ Viessmann из поставленных в Россию и первая, работающая на пропан-бутане.

Среди важных отличительных особенностей модулей Vitobloc – совмещение шкафа управления с устройствами контроля и общий звукоизолирующий корпус, благодаря которому уровень шума на расстоянии 1 м от установки не превышает 72 дБ (шум потока выходящих газов на расстоянии 1 м – 78 дБ). Наличие системы каталитического окисления для снижения вредных выбросов и специального лямбда-зонда для автоматического регулирования соотношения «воздух – топливо» позволяет даже в режиме пониженной нагрузки поддерживать содержание NO<sub>x</sub> в отходящих газах на уровне, не превышающем 500 мг/м<sup>3</sup>, СО – не более 300 мг/м<sup>3</sup>.

Другой проект был реализован в прошлом году в Северо-Западной

промышленно-коммунальной зоне (Химки, Московская обл.) на предприятии ООО «Комета», которому для технологических нужд газ не требовался, и экономическая целесообразность применения пропан-бутана по сравнению с другими видами топлива была обоснована в рамках предпроекта. Инвестор задался целью построить собственный энергоцентр для снабжения электроэнергией, теплом и холодом офисно-складского комплекса площадью 14 900 м<sup>2</sup>. Комплекс на двух земельных участках необходимо было построить в сжатые сроки и тем самым освободиться от платежей за аренду складов. Предпосылки для строительства собственной генерации заключались, в том числе, и в огромных заявленных затратах на подключения к централизованным сетям: электросети – 102 млн руб. (в т.ч. покупка мощностей – 48,3 млн руб.); теплосети – 34 млн руб.

Исходные данные: потребность в электроэнергии – около 1,1 МВт; потребность в тепле – 3,4 МВт; потребность в холоде – 0,2 МВт.

Поскольку одним из основных критериев проекта был срок ввода в эксплуатацию, решено было в качестве стартового (затем резервного) топлива использовать пропан-бутан. Основным видом топлива проектом предусматривался природный



Источник энергии	Вид топлива	Калорийность	Цена за единицу, руб.	Себестоимость за 1 кВт · ч, руб.
Газопоршневой генератор	Природный газ	8000 ккал/м³	4,5 за 1 куб. м	1,34
Газопоршневой генератор	Пропан-бутан	23000 ккал/л	17,0 за 1 кг	3,78
Дизель-генератор	Дизтопливо	10000 ккал/л	17,0 за 1 кг	5,14

газ. Для целей топливоснабжения было предложено и реализовано хранилище СУГ в составе трех резервуаров (двустенных подземного исполнения) объемом 25 м³, жидкостных испарителей FAS с регуляторами давления газа. Периодичность пополнения топливного запаса составляет не менее 25 сут.

В состав мини-ТЭЦ вошли автономные модули Vitobloc GG-383 электрической и тепловой мощностью 383 и 542 кВт соответственно. Модули полностью автоматизированы и не требуют присутствия обслуживающего персонала. Они оснащены синхронным генератором для выработки 3-фазного напряжения (400 В, 50 Гц; воздушное охлаждение; тип защиты – IP 23), системой утилизации тепла для отопления (90/70 °С), а также (основной агрегат) 12-цилиндровым двигателем MAN. Для организации резервного электроснабжения установлен дизель-генератор на базе двигателя Volvo мощно-

стью 500 кВт. Кроме того, в энергоцентре имеются два низкотемпературных котла фирмы Viessmann Vitoplex 100 единичной мощностью 895 кВт с газовыми горелками Oilon для покрытия пиковых тепловых ночных нагрузок.

Для нужд холодоснабжения предусмотрено применение абсорбционной холодильной машины на горячей воде, подающей холодную воду температурой 6–8 °С на теплообменники установок приточной вентиляции (холодильная мощность – 200 кВт, изготовитель – фирма Century, Южная Корея).

Стоимость проектирования, согласований, комплектации и монтажа хранилища СУГ составила 10,2 млн руб. Срок – 4 мес.

Стоимость проектирования, комплектации, монтажа и пусконаладочных работ (ПНР) энергоцентра – 73,4 млн руб. Срок – 12 мес.

Стоимость проектирования, комплектации, монтажа и ПНР системы холодоснабжения – 9,4 млн руб. Срок – 2 мес.



Таким образом, фактическая экономия инвестиционных вложений по сравнению с централизованным энергоснабжением составила 52,4 млн. рублей. Общий срок реализации составил 12 мес. (до пуска тепла – 5 мес.). В результате к моменту строительной готовности основного склада была обеспечена его жизнедеятельность, что позволило начать логистические работы в плановые сроки.

Реализация проекта позволила получить следующие эксплуатационные характеристики: среднемесячный (расчетный по году) фактический расход газа – 44,0 т; количество технологических сливов газа – 14–16 в год (заключен договор с топливным оператором на поставку газа по фиксированной в течение года цене, что позволило определить бюджет на топливо в течение года); расчетная себестоимость электроэнергии – 3,78 руб. за 1 кВт · ч. (включает цену топлива и все эксплуатационные затраты).

При расчете принята себестоимость тепловой энергии, равная действующему тарифу теплосетей, – 1076 руб./Гкал.

После завершения монтажных работ заказчиком была проработана возможность подключения к сетям природного газа. В результате получена общая стоимость (включая затраты на «услуги по сопровождению», проектирование, экспертизы, согласования, прокладку газопровода с сопутствующей комплектацией), которая составила порядка 15 млн руб. При этом заказчик запросил расчет стоимости выработки 1 кВт · ч. электроэнергии на всех возможных видах топлива и оборудования. Данные приведены в таблице.

В настоящее время инвестор отказался от присоединения к сетям природного газа (основное топливо согласно проекту), поскольку капитальные затраты на присоединение (сбор ИРД, получение лимитов, ТУ, проектирование, согласования, монтаж) при сравнительных расчетах в текущих ценах 2010 года на природный газ и пропан-бутан окупаются в течение 5,5 года (при существующей загрузке), а в прогнозных к моменту пуска газа (2012 г.) – в течение 11 лет.

## Промышленные горелки

# baltur

BGN

GI

IBR

ГАЗ

BT

GI

IBR

ДИЗЕЛЬ/МАЗУТ

COMIST

GI MIST

IBR

КОМБИ

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



Реклама Товар сертифицирован

Тел.: +7 (495) 992-69-89

E-mail: [sales@baltur.su](mailto:sales@baltur.su)

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



В России ежегодно добывается около 30 миллиардов кубических метров нефтяного газа, что составляет 4–5 % от объема добычи природного газа и сопоставимо с объемом добычи в такой стране, как Туркмения.

## Попутный нефтяной газ как топливо

.М. Иванов, к. х. н

**П**ри добыче нефти из скважин на поверхность также поступает находящийся в нефтеносных пластах попутный нефтяной газ (ПНГ). Как правило, в зависимости от района добычи вместе с 1 т сырой нефти получают от 25 до 800 м<sup>3</sup> такого газа. Содержание газа до 200 м<sup>3</sup> на 1 т нефти считается низким, 400–600 м<sup>3</sup> – высоким. В ряде случаев добыча нефти производится при аномально высоком содержании газообразных продуктов – до 2,5 тыс. м<sup>3</sup> на 1 т нефти. Лидером по добыче нефтяного газа в нашей стране является Тюменская область (около 80 % от общего объема добычи). Кроме того, нефтяной газ добывается в Томской, Оренбургской и Архангельской областях, Республике Коми.

В состав нефтяного газа входят органические вещества – предельные углеводороды нормального и изомерного строения. Основным компонентом ПНГ является метан, доля которого превышает 60 %. Помимо этого – пропан (около 13 %), этан

(7–8 %), нормальная и изомерная формы бутана (около 10 %), соединения пентана (4–5 %). Содержание гексана и соединений с большим числом атомов углерода, как правило, не превышает 1 %. Кроме того, в газообразных продуктах, собираемых при добыче нефти, присутствуют инертные газы (в основном – азот и диоксид углерода, а также сероводород), мелкие частички нефти и пары воды.

Сбор попутного газа осуществляется под давлением около 8 атм. Для эффективного сбора ПНГ и частичного его фракционирования производят ступенчатое стравливание давления. Так, на первой стадии сепарации давление понижается до 6 атм., что приводит к выделению от 1/2 до 2/3 ПНГ, содержащего до 80 % смеси метана с этаном.

На второй ступени сепарации происходит понижение давления до 3–4 атм. Это позволяет выделить дополнительно около 20–30 % ПНГ (метана и этана в нем – около 60 %).

Оставшаяся часть содержит более тяжелые углеводороды. В результате третьей стадии сепарации, во время которой давление стравливается до низких значений (0,2–0,3 атм.), можно собрать еще около 5 % газа. Несмотря на относительно малый объем, эта фракция преимущественно обогащена углеводородами, имеющими в молекулах 3 и более атомов углерода.

Однако на практике при сборе ПНГ часто ограничиваются лишь первыми двумя ступенями сепарации. Это объясняется как небольшим объемом получаемого на третьей стадии сепарации газа, так и возможностью транспортировки без дополнительного сжатия отобранной газовой смеси к месту его использования за счет повышенного давления.

Необходимо отметить, что присутствие в попутном газе паров воды и сероводорода не позволяет транспортировать полученную газовую смесь на большие расстояния, поскольку указанные примеси

приводят к коррозии трубопроводов, а сконденсированная вода затрудняет транспортировку. (Поэтому заводы по переработке попутного нефтяного газа обычно располагают в непосредственной близости от промыслов.)

После переработки ПНГ может применяться совместно с магистральным газом, для получения сжиженного газа, а также в качестве сырья для нефтехимической промышленности. Без переработки он может использоваться в качестве низкосортного топлива для выработки электрической или тепловой энергии. В настоящее время практикуется сжигание ПНГ на теплоэлектростанциях, работающих в простом или сложном (когенерация) циклах и обеспечивающих нужды объектов в районе нефтепромысла.

В указанных целях применяются газотурбинные и газопоршневые установки. Станции большой мощности, как правило, оснащаются газотурбинными силовыми установками, имеющими КПД по электричеству 25–34 %. Так, в 2008 г. на месторождении «Верхне-Надымское» (ОАО «Сургутнефтегаз») сдана в эксплуатацию электростанция мощностью 24 МВт. Она оборудована четырьмя газотурбинными агрегатами ГТА-6РМ единичной мощностью 6 МВт, изготовленными НПО «Сатурн» (Рыбинск, Ярославская обл.). Установки работают в простом цикле (выработка электроэнергии).

Если требуемая мощность не столь высока, станция может оснащаться газопоршневыми установками, обладающими более высоким КПД по электричеству (36–45 %). Примером такого объекта может служить энергокомплекс Казанского нефтегазоконденсатного месторождения (ОАО «Томскгазпром»), сданный в эксплуатацию в 2009 г. (рис. 1). Он оснащен тремя газопоршневыми установками ГДГ-90, работающими в режиме когенерации, а также дизельной электростанцией ДГР-520, изготовленными ОАО «Волжский дизель имени Маминых» (Балаково, Саратовская обл.). Суммарная мощность комплекса составляет 1870 кВт электроэнергии. Интересная особенность этого объекта заключается также в том, что изготовитель и поставщик силового оборудования выступил собственником вырабатываемой тепловой и электроэнергии, которую у него приобретает заказчик.

При решении проблемы энергоснабжения небольших объектов все большее распространение получают микротурбинные установки. Один из свежих примеров – электростанция на базе двух микротурбин Capstone C65 (единичная мощность – 65 кВт), построенная компанией «БПЦ Энергетические Системы» для ООО «УралОйл» (рис. 2). Установки, обеспечивающие электроэнергией насосы системы поддержания пластового давления, могут сжигать до 400 тыс. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа в год. Станция запущена в эксплуатацию в декабре 2009 г.

Стремление недропользователей применять ПНГ в качестве топлива для своих энергетических объектов привело к тому, что на российский рынок хлынул поток газовых силовых установок различных конструкций. Необходимо отметить, что среди такого оборудования, предлагаемого для сжигания нефтяного газа, декларированные параметры последнего зачастую ближе к характеристикам природного газа, нежели попутного. Применение такой техники для сжигания ПНГ приводит к нарушениям в работе. Двигатель может выйти из строя из-за прогара клапанов и деформации клапанной головки, забивки топливной системы конденсатом, содержащим масляные и парафиновые частицы. Кроме того, мощность установки при работе на попутном газе может снижаться (примерно на треть) по сравнению с номинальной, рассчитанной для природного газа.

Подобные последствия вызваны как компонентным составом ПНГ (в то время как состав магистрального природного газа строго стандартизирован, состав попутного газа может заметно колебаться), так и его меньшей устойчивостью к детонации.

Большинство газопоршневых двигателей предназначено для сжигания газа с метановым числом (показатель detonation устойчивости газа аналогичен октановому числу у жидкого топлива: чем больше метановое число, тем устойчивее газ к детонации) не ниже 30. При разогреве газовой смеси в камере сгорания до температуры воспламенения под действием ударной волны, возникающей

при возгорании, происходит детонация. Она сопровождается резким повышением давления и кратковременным выделением значительного количества тепла, что приводит к преждевременному выходу двигателя из строя.

Метод оценки способности газового топлива к детонации по величине его метанового числа предложен зарубежными производителями газопоршневых установок. Однако в России отсутствует единая утвержденная методика определения метанового числа, для вычисления которого используются номограммы, требующие данных о точном составе газовой смеси.

Для снижения аварийности владельцами установок принимаются различные меры. Так, ПНГ перед подачей в двигатель пропускать через различные фильтры, сепараторы и циклоны. Однако это не дало ощутимых положительных результатов. С другой стороны, предварительный нагрев газа позволяет исключить образование отложений на системе подачи топлива, но приводит к еще большему перегреву двигателя.

Более перспективными для адаптации к сжиганию ПНГ являются решения, разрабатываемые производителями установок. Например, двигатели установок ГДГ-100 («Волжский дизель имени Маминых») оснащаются особыми предварительными камерами (форкамерами) запатентованной конструкции.

На сегодняшний день универсальным решением указанной проблемы считается предварительная обработка ПНГ на установках подготовки топливного газа. Так, рядом отечественных производителей выпускаются установки типа УПТГ. В них реализовано выделение из попутного газа метано-этановой смеси, используемой как топливо, с помощью низкотемпературного сепаратора газосжимающего устройства. Принцип действия установок



Рис. 1



Рис. 2

основан на резком понижении температуры газового потока, движущегося со сверхзвуковой скоростью. Высокая скорость потока обеспечивает полное удале-

ние конденсирующихся примесей за счет центробежных сил.

В среднем по России около 80 % ПНГ утилизируется различными способами, а

остальная часть сжигается в факелах. При этом доля утилизированного газа на различных месторождениях существенно различается (от 20–40 до 92–95 %). Это связано с возможностями по переработке (наличие газоперерабатывающих заводов и промысловых газопроводов), а также с потребностью в этом виде топлива.

Остаток неутилизированного нефтяного газа обычно сжигается в факелах. В период роста цен на энергоносители и их дефицита в мире такая практика может показаться порочной. Однако она обусловлена сугубо экономическими причинами: на ряде нефтедобывающих предприятий сбор попутного газа сверх собственных нужд и его последующая переработка нецелесообразны. В числе негативных факторов – удаленность перерабатывающих заводов и трубопроводов, недостаточно высокие расценки на продукцию переработки, устанавливаемая административно. Имеющиеся оценки ежегодно сжигаемого на факелах газа существенно расходятся между собой, колеблясь от 4 до 15 млрд м<sup>3</sup>.

## ГТУ Опра на Южно-Русском нефтегазовом месторождении

Компания «БПЦ Энергетические Системы» объявила о завершении проекта энергообеспечения Южно-Русского нефтегазового месторождения, лицензией на геологическое изучение и разработку которого владеет ОАО «Севернефтегазпром». В рамках проекта выполнены поставка оборудования, шефмонтаж и пусконаладочные работы. В IV квартале 2009 г. завершилась опытно-промышленная эксплуатация объекта. К настоящему времени электростанция введена в промышленную эксплуатацию, полностью обеспечивая месторождение электрической и тепловой энергией. Ее электрическая мощность 14 МВт, тепловая – 28 МВт.

В состав основного оборудования энергокомплекса входит семь газотурбинных установок Опра 1,8/2 G и 7 теплообменников УТ-52. Электростанция работает на природном газе высокого давления. ГТУ Опра отличаются высокой надежностью за счет специальной конструкции двигателя ОР16, являющегося основой установки. Одно из их главных отличий от осевых газовых турбин – уникальное одноступенчатое турбинное колесо радиального типа с подшипниками в холодной зоне. Радиальная конструкция турбины позволяет значительно сократить габариты и вес электростанции. Ресурс до капитального ремонта – до 50 тыс. ч, межсервисные интервалы – до 8 тыс. ч.

Это уже не первый пример внедрения и эксплуатации газовых турбин Опра на Южно-Русском месторождении. Интерес нефтегазового сектора к этим ГТУ связан с их нетребовательностью к составу топлива, что позволяет оборудованию работать на попутном нефтяном газе (в том числе, с содержанием серо-

водорода до 5 %) без предварительной газоочистки. Помимо утилизации ПНГ добывающие предприятия получают возможность дополнительной экономии на строительстве сложных газоочистных систем, снижают вредное экологическое воздействие на окружающую среду и обеспечивают быструю окупаемость оборудования. Еще одно достоинство – возможность работы на дизельном топливе.

К настоящему моменту компанией «БПЦ Энергетические Системы» запущено в России около 50 ГТУ Опра совокупной электрической мощностью более 80 МВт. Они эксплуатируются на объектах ОАО «Газпром», «Лукойл», ТНК-ВР и обеспечивают энергоснабжение таких месторождений, как Вахитовское, Родниковское, Пырейное, Пеляткинское, Ханчейское и других.



# SOKRATHERM

**SOKRA**  
therm



**Межрегионэнергокомплект является официальным поставщиком мини ТЭС производства SOKRATHERM GmbH & Co. KG, Германия.**

**В программу поставок входят установки электрической мощностью от 50 кВт до 402 кВт и тепловой мощностью от 82 кВт до 538 кВт.**



Реклама Товар сертифицирован

Модули SOKRATHERM имеют компактное исполнение в защитном звукоизолирующем корпусе. На общей несущей раме крепятся газопоршневой двигатель MAN и генератор Leroy Sommer, циркуляционные насосы и теплообменники, а также системы контроля и управления.

**Межрегионэнергокомплект предлагает:**

- подготовку ТЭО на применение мини ТЭС;
- проведение комплекса работ по проектированию, поставке, монтажу, настройке и сдаче объекта «под ключ»;
- сервисное, гарантийное и техническое обслуживание предлагаемого оборудования.

**ООО “Межрегионэнергокомплект”**  
143966, Московская область  
г. Реутов, ул. Парковая д.8



**тел./факс: (495) 790-78-91**  
**e-mail: [box@mrek.ru](mailto:box@mrek.ru)**  
**[http: www.mrek.ru](http://www.mrek.ru)**

# Газопоршневые мини-ТЭЦ на российском рынке

В настоящее время на российском рынке представлено большое число газопоршневых когенерационных установок как зарубежного, так и российского производства. Большинство импортных мини-ТЭЦ выпускаются на базе двигателей известных западных марок – MAN, MWM (Motoren-Werke Mannheim, до 2008 г. – Deutz Power Systems), Waukesha и т.д. Установки на базе собственных двигателей предлагают такие крупные отечественные производители, как «Барнаултрансмаш» и «Волжский дизель имени Маминых».

В связи с востребованностью оборудования для автономного электро- и теплоснабжения продолжает увеличиваться число российских производителей мини-ТЭЦ: многие относительно небольшие компании оснащают импортные или отечественные газопоршневые двигатели системами утилизации тепла и предлагают их рынку. Такой подход совершенно оправдан – его практикуют многие довольно известные западные фирмы, не имеющие собственного производства двигателей и генераторов.

В предлагаемом ниже обзоре ресурс оборудования указывается до первого капитального ремонта согласно официальным данным производителя. В случае возможности работы двигателя на различных видах газообразного топлива характеристики приведены для природного газа

## Зарубежные производители

### Buderus (Германия)



#### Loganova E0204/0824/0826/1306

Электрическая мощность:	50–238 кВт
Тепловая мощность:	81–363 кВт
КПД по электричеству:	32,8–35,4 %
КПД по теплу:	55,2–58,1 %
Двигатель:	MAN
Генератор:	Leroy Somer
Ресурс двигателя:	60 тыс. ч
Топливо:	природный газ

### Caterpillar (США)



#### CAT-190/.../2000 (с оборудованием для утилизации тепла Tedom)

Электрическая мощность:	190–2000 кВт
Тепловая мощность:	303–2144 кВт
КПД по электричеству:	33,9–38,1 %
КПД по теплу:	47,9–52,6 %
Двигатель:	Caterpillar
Генератор:	Caterpillar
Ресурс двигателя:	до 100 тыс. ч
Топливо:	природный газ

### Elteco (Словакия)



Katja 5/.../65 C, Petra 57/.../4850 C	
Электрическая мощность:	3,8–3916 кВт
Тепловая мощность:	8,9–4462 кВт
КПД по электричеству:	23,3–43 %
КПД по теплу:	46,8–54,4 %
Двигатель:	Lombardini, Ford, MAN, Guascor, Perkins, MWM
Генератор:	Stamford, Mecc Alte, Leroy Somer
Ресурс двигателя:	н/д
Топливо:	природный, био- или свалочный газ

## ETW Energietechnik (Германия)

### ETW 50/.../2000 EG

Электрическая мощность: 50–2000 кВт  
 Тепловая мощность: 75–2243 кВт  
 КПД по электричеству: 35,7–43 %  
 КПД по теплу: 47,4–55,2 %  
 Двигатель: MAN, MWM  
 Генератор: Leroy Somer, Marelli Motori  
 Ресурс двигателя: 50 (MAN), 64 (MWM) тыс. ч  
 Топливо: природный газ, биогаз, шахтный, попутный нефтяной газ (ПНГ)



## Guascor (Испания)

### FG 180/.../SFGLD 560

Электрическая мощность: 142–955 кВт  
 Тепловая мощность: 239–1326 кВт  
 КПД по электричеству: 33,3–39,7 %  
 КПД по теплу: 34,7–40,7 %  
 Двигатель: Guascor  
 Генератор: Leroy Somer  
 Ресурс двигателя: н/д  
 Топливо: природный газ



## Jenbacher (Австрия)

Jenbacher 208 GS, 312/.../320 GS, 412/.../420 GS, 612/.../624 GS  
 Электрическая мощность: 330–4034 кВт  
 Тепловая мощность: 363–3683 кВт  
 КПД по электричеству: 36,1–45,4 %  
 КПД по теплу: 41,5–51,3 %  
 Двигатель: Jenbacher  
 Генератор: Jenbacher, Stamford, AVK  
 Ресурс двигателя: 60 тыс. ч  
 Топливо: природный газ, ПНГ, биогаз, свалочный газ, шахтный газ, пиролизный газ



## Intertech Mechanical (Голландия)

INT-50/.../400, INT-50D/.../400D  
 Электрическая мощность: 50–804 кВт  
 Тепловая мощность: 82–1076 кВт  
 КПД по электричеству: 34,2–39,5 %  
 КПД по теплу: 51,5–56,2 %  
 Двигатель: MAN  
 Генератор: Leroy Somer  
 Ресурс двигателя: 60 тыс. ч  
 Топливо: природный газ





#### Lindenberg-Anlagen (Германия)

##### CHP 50/.../3000

Электрическая мощность:	50–3220 кВт
Тепловая мощность:	79–3298 кВт
КПД по электричеству:	34,3–41,5 %
КПД по теплу:	41,1–54,2 %
Двигатель:	MAN, Perkins, Guascor, MTU, Waukesha
Генератор:	Stamford, Leroy Somer, Kato
Ресурс двигателя:	н/д
Топливо:	природный газ

#### MTU (Германия)

##### MTU GC 119/.../386 N5, GC 116/.../323 N5, GC 120/.../370 B5, GB 772/.../1948 N5

Электрическая мощность:	116–1948 кВт
Тепловая мощность:	198–2154 кВт
КПД по электричеству:	34,4–41,3 %
КПД по теплу:	42,9–58,8 %
Двигатель:	MTU
Генератор:	н/д
Ресурс двигателя:	н/д
Топливо:	природный газ, биогаз, газ сточных вод

#### Motoren-Werke Mannheim (Германия)

##### TCG 2016V08C/.../2032V16

Электрическая мощность:	400–4300 кВт
Тепловая мощность:	426,6–4322 кВт
КПД по электричеству:	42–43,7 %
КПД по теплу:	43,3–45,7 %
Двигатель:	MWM
Генератор:	Marelli Motori, AVK
Ресурс двигателя (полный):	200 тыс. ч
Топливо:	природный газ, биогаз, ПНГ, шахтный, коксовый



#### Sokratherm (Германия)

##### CG50/.../CG402

Электрическая мощность:	50–402 кВт
Тепловая мощность:	82–538 кВт
КПД по электричеству:	33,7–38,5 %
КПД по теплу:	51,5–56,2 %
Двигатель:	MAN
Генератор:	Leroy Somer
Ресурс двигателя:	60 тыс. ч
Топливо:	природный газ



#### Tedom (Чехия)

##### Cento T80/.../T300 SP, Quanto D580/.../D2000 SP

Электрическая мощность:	77–2000 кВт
Тепловая мощность:	114–2168 кВт
КПД по электричеству:	33,6–43,6 %
КПД по теплу:	47,1–49,7 %
Двигатель:	Tedom, MWM



Генератор: Меcc Alte, Marelli Motori  
 Ресурс двигателя: н/д  
 Топливо: природный газ

### Viessmann (Германия)

#### **Vitobloc GG50/.../402, 200 EM-50/81...238/263**

Электрическая мощность: 18–402 кВт  
 Тепловая мощность: 36–563 кВт  
 КПД по электричеству: 33,7–37,5 %  
 КПД по теплу: 52,5–64,3 %  
 Двигатель: MAN, Volkswagen  
 Генератор: Leroy Somer  
 Ресурс двигателя: 40 тыс. ч  
 Топливо: природный газ



### Waukesha Engine Dresser (США)

#### **VG18/.../48 G/L(D)/SID**

Электрическая мощность: 230–625 кВт  
 Тепловая мощность: 390–989 кВт  
 КПД по электричеству: 38,4–39,8 %  
 КПД по теплу: 46,6–49,3 %  
 Двигатель: Waukesha  
 Генератор: Leroy Somer, Kato  
 Ресурс двигателя: 36–48 тыс. ч  
 Топливо: природный газ, ПНГ, биогаз



#### **VHP3600/.../9500 G/SI(D)/L/T(D)**

Электрическая мощность: 315–1175 кВт  
 Тепловая мощность: 570–2350 кВт  
 КПД по электричеству: 36,5–39,8 %  
 КПД по теплу: 45,4–51,8 %  
 Двигатель: Waukesha  
 Генератор: Leroy Somer, Kato  
 Ресурс двигателя: 48–66 тыс. ч  
 Топливо: природный газ, ПНГ, биогаз



#### **APG1000/.../3000**

Электрическая мощность: 1000–3200 кВт  
 Тепловая мощность: 1081–3463 кВт  
 КПД по электричеству: 42,5 %  
 КПД по теплу: 43,5 %  
 Двигатель: Waukesha  
 Генератор: Leroy Somer, Kato  
 Ресурс двигателя: 36–52 тыс. ч  
 Топливо: природный газ, ПНГ, биогаз



#### **12/.../16V-AT27GL**

Электрическая мощность: 2220–3250 кВт  
 Тепловая мощность: 2953–3822 кВт  
 КПД по электричеству: 40,8–41,6 %  
 КПД по теплу: 39,4–45,2 %  
 Двигатель: Waukesha  
 Генератор: Leroy Somer, Kato  
 Ресурс двигателя: 66–72 тыс. ч  
 Топливо: природный газ, ПНГ, биогаз

## Российские производители

### ОАО «Барнаултрансмаш» (Барнаул)



#### МТП-100/500...315/400

Электрическая мощность:	100–250 кВт
Тепловая мощность:	100–250 кВт
КПД по электричеству:	30–32 %
КПД по теплу:	41–45 %
Двигатель:	Барнаултрансмаш
Генератор:	н/д
Ресурс двигателя:	12–20 тыс. ч
Топливо:	природный или попутный газ (ГОСТ 5542)

### «Волжский дизель имени Маминых» (Балаково, Саратовская обл.)



#### ГДГ-90/100/500

Электрическая мощность:	500 кВт
Тепловая мощность:	450 кВт
КПД по электричеству:	36 %
КПД по теплу:	49 %
Двигатель:	6ГЧН 21/21, 6ГЧН 21/26, 8ГЧН 21/26 (ВДМ)
Генератор:	Leroy Somer
Ресурс двигателя:	60 тыс. ч
Топливо:	природный газ, ПНГ, пиролизный и биогаз

### ПГ «Генерация» (Березовский, Свердловская обл.)



#### 200/.../1000ГПЭС-К

Электрическая мощность:	200–1000 кВт
Тепловая мощность:	287–1690 кВт
КПД по электричеству:	35,4–37 %
КПД по теплу:	47–49 %
Двигатель:	Chidong (лицензия AVL List)
Генератор:	Chidong (лицензия Siemens)
Ресурс двигателя:	48 тыс. ч
Топливо:	природный газ, ПНГ, шахтный метан и биогаз

#### 125/.../3800ГПЭС-К

Электрическая мощность:	125–3859 кВт
Тепловая мощность:	213–3063 кВт
КПД по электричеству:	33,9–37,4 %
КПД по теплу:	50,6–52,6 %
Двигатель:	Caterpillar
Генератор:	Caterpillar
Ресурс двигателя:	60 тыс. ч
Топливо:	природный газ, ПНГ, шахтный метан и биогаз

### 315/.../1750ГПЭС-К

Электрическая мощность:	315–1750 кВт
Тепловая мощность:	404–1880 кВт
КПД по электричеству:	35,8–37,4 %
КПД по теплу:	40–44 %
Двигатель:	Cummins
Генератор:	Cummins
Ресурс двигателя:	48–60 тыс. ч
Топливо:	природный газ, ПНГ, шахтный метан и биогаз

Институт энергетической электроники Отдела  
 электроэнергетических проблем РАН (Санкт-Петербург)

### КГ-Е65/.../Е3250

Электрическая мощность:	65–3250 кВт
Тепловая мощность:	176–4875 кВт
КПД по электричеству:	35–44 %
КПД по теплу:	н/д
Двигатель:	Waukesha
Генератор:	Stamford, Leroy Somer, Kato
Ресурс двигателя:	32–72 тыс. ч
Топливо:	природный газ



### ОАО «Румо» (Нижний Новгород)

#### ДГ-68/98М

Электрическая мощность:	800–1000 кВт
Тепловая мощность:	780–1100 кВт
КПД по электричеству:	31 %
КПД по теплу:	27–39 %
Двигатель:	36/45 (ОАО «Румо»)
Генератор:	н/д
Ресурс двигателя:	60–70 тыс. ч
Топливо:	природный газ



### ООО «Эконефтегаз» (Молоково, Ленинский р-н, Московская обл.)

#### ГПТЭА

Электрическая мощность:	4–500 кВт
Тепловая мощность:	6–700 кВт
КПД по электричеству:	30–35 %
КПД по теплу:	49 %
Двигатель:	ВАЗ, ЗАЗ, ЯМЗ
Генератор:	н/д
Ресурс двигателя:	10–16 тыс. ч
Топливо:	природный, генераторный (древесина, торф, уголь) газ, ПНГ



# Газопоршневые мини-ТЭЦ в Интернете

В данный обзор включен ряд интернет-ресурсов производителей и поставщиков оборудования для газопоршневых мини-ТЭЦ, которое представлено на российском рынке.

[www.aksa.msk.ru](http://www.aksa.msk.ru)

На сайте инжинирингово-производственной компании «Питер Белл» (Санкт-Петербург) имеется информация (описание элементов конструкции и технические данные) о газопоршневых установках Akxa (Турция) на базе двигателей Briggs & Stratton и General Motors. Дополнительные сведения об этих агрегатах можно найти на сайте производителя [www.aksa.com.tr](http://www.aksa.com.tr), имеющем русскоязычную версию.

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

Фирма «АТС ОСТ» (Москва) является эксклюзивным представителем в России компании ETW-Energietechnik (Германия). Одно из направлений деятельности последней – производство газопоршневых электростанций. Различные сведения об оборудовании ETW-Energietechnik размещены в разделах сайта «Продукция» и «Модельный ряд мини-ТЭС». Отметим, что информацию о продукции ETW можно также найти на сайте [ru.etw-energy.com](http://ru.etw-energy.com).

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



«Барнаултрансмаш» – специализированное предприятие по конструированию и производству судовых, промышленных и транспортных дизелей; газопоршневых электроагрегатов и мини-ТЭЦ; стационарных и судовых дизель-генераторов. Ассортимент продукции завода включает в себя три модели стационарных газопоршневых мини-ТЭЦ МТП электрической мощностью 100–250 кВт. На страничках, посвященных этому оборудованию, есть подробное описание и технические характеристики. Дополнительные сведения о мини-ТЭЦ можно найти в разделах «Справочная информация» и «Пресс-центр».

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



По данному адресу находится сайт ООО «Будерус Отопительная Техника», представляющего в нашей стране продукцию германской компании Buderus. В программу поставок входят несколько моделей блочных теплоэлектростанций Loganova, работающих на природном газе. В разделе сайта «Блочные газовые электростанции» размещены инструкции по монтажу и эксплуатации, технические описания, разрешительная документация, прайс-лист.

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

Тема портала, как следует из названия, – когенерация. Здесь размещена информация о когенерации в мире, новости энергетики, аналитические статьи, примеры решений, нормативная документация, техническая литература, карта объектов малой энергетики, каталог оборудования, куда включен обзор газопоршневых электростанций зарубежных (Buderus, Caterpillar, Cummins, EC Power, Elteco, FG Wilson, GE Jenbacher, Generac Power Systems, Guascor, Kohler Power Systems, Kornum, MaK, MAN, Mitsubishi, Motorgas, MTU, MWM, Perkins, Rolls-Royce, Tedom, Viessmann, Wartsila, Waukesha, Yanmar) и отечественных («Алтай-Дизельэнерго», «Барнаултрансмаш», БЭМЗ, ВДМ, ВЗКО, РУМО, «Рыбинсккомплекс», «Синтур-НТ», УДМЗ) производителей.

[www.cogeneration.tedom-holding.ru](http://www.cogeneration.tedom-holding.ru)

Чешская компания Tedom предлагает в нашей стране когенерационные установки Sento мощностью 77–175 кВт (электрическая) и 114–223 кВт (тепловая), а также установки Quanto (600–2000 и 693–2168 кВт). В качестве приводов установок используются газовые двигатели внутреннего сгорания Tedom (Sento) и MWM (Quanto). Помимо страничек, где представлены информация о фирме и технические характеристики продукции Tedom, структура сайта включает в себя, например, такие разделы, как «Новости», «Когенерация», «Сервис», «Фотогалерея».

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

Тематика сайта – тригенерация, когенерация и мини-ТЭЦ. В ряду разделов ресурса – «Новости», «Статьи», «Документы», «Примеры строительства мини-ТЭЦ», «Оборудование для мини-ТЭЦ», «Форум по когенерации». На сайте есть информация о газопоршневых электростанциях GE Jenbacher электрической мощностью 330–3029 кВт и тепловой мощностью 361–3047 кВт.

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



Ресурс принадлежит ЗАО «Элтеко Глобал» – российскому представительству словацкой компании Elteco, выпускающей оборудование для энергоснабжения. В ряду продукции – газопоршневые когенераторные установки с двигателями MWM (ранее – Deutz), Ford, Guascor, Lombardini, MAN и Perkins электрической мощностью от 3,8 до 3916 кВт и тепловой – от 8,9 до 4462 кВт. Кроме технических данных установок, на сайте имеются: принципиальная схема газопоршневой установки, описание основных узлов газопоршневой мини-ТЭЦ, примеры применения когенераторных установок, статьи на тему когенерации, опросный лист. Ведется рубрика «Вопрос-ответ».

[www.energotech.com](http://www.energotech.com)



Специализация ООО «Энерготех» (Москва) – разработка и внедрение комплексных решений в области малой энергетики. Компания является официальным дистрибьютором Waukesha Engine Dresser (США). Сведения о газопоршневых генераторных установках Waukesha включают в себя подробное описание, технические характеристики и примеры реализации.

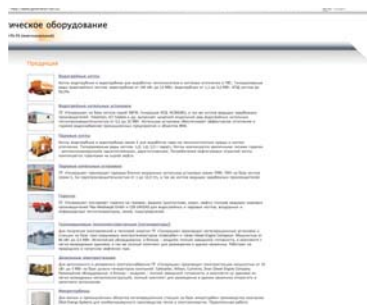
[www.esist.ru](http://www.esist.ru)

Компания «Автономный ЭнергоСервис» (Москва) специализируется на внедрении газовых мини-ТЭЦ. На сайте представлена информация об оборудовании для газопоршневых мини-ТЭЦ таких марок, как Carrier, Caterpillar, Deutz, Guascor, Jenbacher, MDE, MTU и Sandfirden Technics. Кроме основных технических характеристик этого оборудования, на сайте размещено много полезной информации, касающейся когенерации.

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

ООО «Эконефтегаз» (Ленинский р-н, Московская обл.) производит когенерационные установки ГПТЭА электрической мощностью от 4 до 500 кВт. Сведения о продукции компании находятся в разделе «Каталог».

[www.generation-eo.ru](http://www.generation-eo.ru)



Промышленная группа «Генерация» – производитель и поставщик оборудования для нефтегазодобывающей отрасли и теплоэнергетики. В разделе сайта «Газопоршневые теплоэлектростанции» представлены когенерационные установки на базе газопоршневых мотор-генераторов Caterpillar, Chidong и Cummins. Есть технические данные и опросный лист.

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



На сайте представлена информация о газопоршневых установках производства компании Guascor (Испания). Приведены технические характеристики, руководства по установке газопоршневых электростанций, чертежи, опросный лист и разрешительные документы.

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

Институт энергетической электроники отдела электроэнергетических проблем РАН (Санкт-Петербург) осуществляет разработку, производство и поставку различного энергетического оборудования. В списке продукции – когенерационные установки на базе газовых двигателей Waukesha электрической мощностью 65–3250 кВт. В разделе «Когенераторы» даны технические характеристики установок, а также другие полезные сведения.

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

ПО «Электромашина» (Санкт-Петербург) осуществляет проектирование систем энерго- и теплоснабжения, поставку оборудования для мини-ТЭЦ, монтаж и пусконаладку, а также сервисное обслуживание. В основе предлагаемых компанией электростанций используются газопоршневые установки MTU (Германия).



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

Основное направление деятельности компании «Новая Генерация» (Москва) – производство и продажа электрической и тепловой энергии, вырабатываемой локальными газовыми станциями и установками. На сайте имеется различная информация о мини-ТЭЦ, в том числе – и о газопоршневых.

[www.mini-tec.ru](http://www.mini-tec.ru)

Данный портал содержит общие сведения о мини-ТЭЦ, а также обзор когенерационных агрегатов на базе газопоршневых двигателей Caterpillar, Cummins, Deutz, FG Wilson, Guascor,

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



Ресурс ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж» (Москва), осуществляющего поставку, монтаж, пусконаладочные работы, гарантийное и техническое обслуживание различного теплоэнергетического оборудования, в том числе оборудования для теплоэлектростанций на базе газопоршневых машин. На сайте есть информация об услугах компании, список реализованных проектов, различные материалы о когенерации и тригенерации, статьи о мини-ТЭЦ.

[www.pg-ask.ru](http://www.pg-ask.ru)

Основной специализацией ЗАО «Промышленная Группа «АСК» (Люберецкий р-н, Московская обл.) является строительство мини-ТЭЦ на базе газопоршневых когенерационных установок. На сайте размещены: различные материалы, в которых рассказывается о преимуществах малой энергетики, описания ряда решений задач по тепло- и электроснабжению различных объектов, сведения об используемом компанией оборудовании, список реализованных проектов, подробная информация об услугах фирмы.

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

На сайте официального представительства итальянского концерна Riello в странах СНГ в разделе «Энергоустановки» имеются основные технические характеристики когенерационных модулей на базе газопоршневых двигателей – Stone Power 2G. Страничка, посвященная этому типу оборудования, содержит также схемы установки и разрешительную документацию.

[www.rossiya.cat.com](http://www.rossiya.cat.com)

Ресурс компании Caterpillar (США). Одно из направлений деятельности – производство энергетических установок, работающих на природном и попутном газе. На сайте размещена информация о компании и продукции, приведены сведения о запасных частях и услугах, список дилеров.

[www.rumo.nnov.ru](http://www.rumo.nnov.ru)

Один из видов продукции, выпускаемой заводом «РУМО» (Нижний Новгород), – газопоршневые электрические агрегаты мощностью 500–1000 кВт. В каталоге есть краткое описание и технические характеристики этого оборудования.

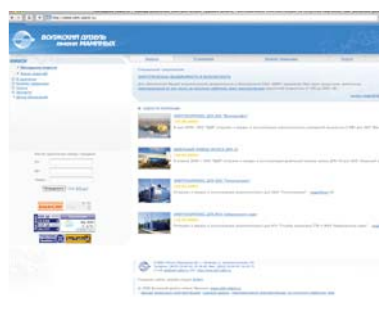
[www.sintur.ru](http://www.sintur.ru)

Завод «Синтур-НТ» (Нижний Тагил, Свердловская обл.) предлагает газопоршневые электростанции собственного производства, а также импортные станции, бывшие в употреблении (Deutz, Jenbacher, MAN).

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

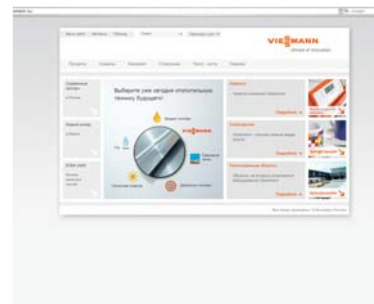
ЗАО «Валор» – официальный дистрибьютор GE Jenbacher по поставке оборудования и сервисному обслуживанию газопоршневых установок. Помимо технических характеристик установок Jenbacher, на сайте есть различная информация о когенерации, список реализованных объектов, опросные листы, лицензии и сертификаты. Имеется возможность задать вопрос специалисту по оборудованию и деятельности компании «Валор».

[www.vdm-plant.ru](http://www.vdm-plant.ru)



Машиностроительное предприятие «Волжский дизель имени Маминых» (Саратов) выпускает дизельные и газовые двигатели, а также различные агрегаты на их основе. Каталог продукции компании включает в себя газопоршневые двигатель-генераторы ГДГ 90 электрической мощностью до 500 кВт и теплоэлектростанции на базе газопоршневых двигателей Waukesha с диапазоном электрической мощности от 65 до 3250 кВт.

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

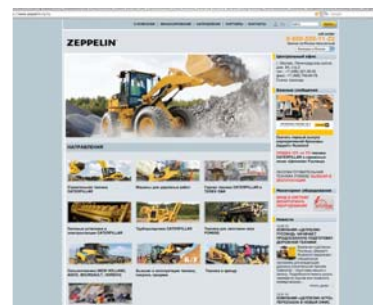


Линейка продукции компании Viessmann (Германия) включает в себя когенерационные установки Vitobloc и Vitobloc 200. Подробную информацию об этих установках можно найти в технических паспортах, размещенных в соответствующем разделе сайта.

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

Спектр выпускаемой ЗАО «Верхнепышминский завод компрессорного оборудования» продукции включает в себя газопоршневые мини-ТЭЦ электрической мощностью 100 кВт и тепловой мощностью 150 кВт. В сведениях об этом оборудовании – общее описание и технические данные.

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



Одним из направлений деятельности ООО «Цеппелин Русланд» (Москва) является поставка дизельных и газопоршневых электрогенераторов Caterpillar, а также когенерационных систем на их базе. В разделе «Газопоршневые электрогенераторы» представлены электрогенераторные установки мощностью 87–4825 кВт и 70–3859 кВт, комплектные когенерационные установки в модульном исполнении электрической и тепловой мощностью 190–1030 и 303–1395 кВт и когенерационные установки с раздельным блоком утилизации (510–200 и 597–2144 кВт).



Рис. 1

## Об энергетической эффективности термических деаэраторов воды

В. Галустов, д. т. н.

*Термическая деаэрация воды – основное и самое распространенное средство защиты от кислородной и углекислотной коррозии котлов, сетей тепло- и горячего водоснабжения, теплообменного оборудования и т.д. Учитывая, что КПД современных котлов близок к теоретически предельным значениям, снижение затрат на вспомогательные процессы и, прежде всего, деаэрацию воды, становится основным резервом повышения эффективности теплоэнергетических производств.*

### О деаэраторах

По давлению в колонке и соответственно температуре насыщения различают три типа деаэраторов: атмосферные, вакуумные и повышенного давления. Применение последних ограничено схемами регенерации паровых турбин, поэтому из предлагаемой ниже оценки они исключены.

Вакуумные деаэраторы, хотя и работают при пониженном давлении, при более низких температурах насыщения приводят к более высоким удельным энергетическим затратам на производство пара

или горячей воды. Это обусловлено тем, что создание и поддержание вакуума влекут за собой безвозвратные потери либо пара на пароструйных эжекторах, либо электроэнергии на привод насосов водоструйных эжекторов притом, что параметры среды за котлом строго заданы. То есть вакуумная деаэрация по энергетической эффективности, безусловно, уступает атмосферной.

Все атмосферные деаэраторы, предлагаемые в настоящее время рынку, можно разделить на три группы: класси-

ческие пленочные и барботажные (ДА, ДСА), прямоточные распылительные (ДАПР) и относящиеся к струйной технике («Кварк», «Фисоник», «Авакс» и пр., которые обозначим как СД). Их принципиальное отличие в том, что последние работают только в режиме перегретой воды (подача теплоносителя в деаэратор не предусматривается, поэтому вода перед подачей в него должна быть нагрета выше температуры насыщения). В ДА, ДСА и ДАПР подается греющий пар, который и доводит воду до температуры

**Таблица 1. Удельный расход греющего пара ( $g_n$ ) в деаэрационной установке в зависимости от начальной температуры химически очищенной воды ( $t_n$ ) и типа деаэратора**

$t_n, ^\circ\text{C}$		5	10	20	40	50	60	70	80	90	100
$g_n, \text{кг/т}$	ДАПР	146	132	123	89	77	62	46	31	15	0
	ДА	152	144	129	95	85	68	52	37	22	6
	СД	171	163	147	132	116	101	85	70	38	19

насыщения. Однако перед ДА и ДСА во избежание гидравлических ударов вода подогревается до 70–80 °С. В ДАПРах возникновение гидравлических ударов исключается в принципе, поэтому вода в них может подаваться любой температуры.

Как ДА и ДСА, так и ДАПРы также могут работать в режиме перегретой воды, что актуально при дефиците или отсутствии греющего пара, например, в водогрейных котельных с температурой котловой воды выше 110 °С.

Второе отличие: в классических и струйных деаэраторах выпар (избыток по отношению к балансовому пару, необходимый для принятия и транспортирования за пределы колонки выделившихся газов) после колонки либо просто выбрасывается в атмосферу, либо проходит через поверхностный теплообменник и утилизируется, но в тепловом балансе деаэратора не участвует. В ДАПРах есть внутренний (встроенный) охладитель выпара, в котором теплота и конденсат выпара утилизируются частью деаэрируемой воды и остаются в деаэрационной установке.

Третье отличие в том, что давление в деаэраторах, требующих внешнего охладителя выпара, заметно выше атмосферного (2–4 м вод. ст.), что обусловлено необходимостью преодоления гидравлического сопротивления охладителя выпара (обычно кожухотрубного теплообменника).

### Сравнительная оценка атмосферных деаэраторов

Очевидно, что атмосферный деаэратор тем совершенней, чем меньше температура деаэрированной воды в нем превышает 100 °С, т.е. чем давление в нем ближе

к фактическому атмосферному. Совершенство деаэратора в полной мере характеризует (при прочих равных условиях) удельный расход греющего пара (1 кг пара на 1 т деаэрированной воды).

В общем случае расход греющего пара зависит от его теплосодержания, параметров деаэрируемой воды (начальной температуры и температуры насыщения либо температуры максимально необходимого нагрева) и принятого удельного расхода выпара. Итак, для классических деаэраторов и прямоточных распылительных:

$$g_n = g_n + q,$$

где  $g_n$  – удельный расход пара на деаэрацию воды, кг/т;  $g_n$  – удельный расход пара, необходимый для нагревания воды от начальной температуры до температуры насыщения, кг/т;

$$q \text{ – удельный расход выпара, кг/т.}$$

Для удобства сопоставления примем температуру насыщения ( $t_n$ ) для ДАПРов 100 °С, а для ДА и ДСА – 104 °С. Учтем, что перед струйными деаэраторами вода подогревается до 106–108 °С.

Так как теплосодержание ( $h$ ) греющего пара, применяемого при атмосферной деаэрации воды мало изменяется с изменением температуры (например, при температуре 100 °С и давлении 0,1 МПа теплосодержание равно 2676 кДж/кг, а при температуре 200 °С и давлении 1,6 МПа теплосодержание равно 2791 кДж/кг) и отклонение от среднего значения составляет 2,2 %, т.е. находится в пределах погрешности измерений, то в расчетах примем теплосодержание  $h = 2730$  кДж/кг. Удельный расход выпара в расчетах принят равным 10 кг/т. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

### Заключение

1. Как можно видеть, деаэраторы струйного типа, хотя и не требуют подачи греющего пара непосредственно в деаэрационную установку, характеризуются максимальным удельным расходом пара на деаэрацию воды.

Лучшие показатели в этом отношении у прямоточных распылительных деаэраторов. Классические деаэраторы занимают промежуточное положение.

2. Расхождение по рассматриваемому показателю с ростом температуры исходной воды увеличивается. При этом следует иметь в виду, что подогрев воды при непосредственном контакте воды и пара более эффективен и экономичен, чем через стенку в поверхностном теплообменнике. Таким образом, в тех случаях, когда нет дефицита пара, а принцип работы колонки это допускает, предварительный подогрев воды перед подачей в колонку целесообразно исключить.

Дополнительно обращаем внимание на то, что если достижение уровня деаэрации требует барботажа пара в деаэраторном баке (т.е. переноса на бак функций второй ступени деаэрации с неизбежным преждевременным коррозионным износом бака), это свидетельствует о недостаточной эффективности выбранной деаэрационной колонки.

Оборудование на рисунках:

- ДАПР-50 (30/20) с двумя секциями, совмещенными в общем объеме (рис. 1)
- ДАПР-150 (75×2) с двумя автономными секциями (рис. 2)





Периодическая продувка предназначена для удаления грубодисперсного шлама, накопившегося в застойных (малоактивных) зонах циркуляционной системы котла: в нижних коллекторах экранов – основная часть шлама – и в барабанах

## О сепараторах продувки паровых котлов

Я. Резник

**К**ачество пара паровых котлов в пределах допустимых значений (ГОСТ 20995-76, ПТЭ РАО «ЕЭС России», Правила Ростехнадзора и др.) обеспечивается поддержанием солесодержания котловой воды. Значения солесодержания устанавливаются изготовителями котлов и, в свою очередь, зависят от параметров котлов, конструкции паросепарационных устройств, ступеней испарения.

При определении соотношения между качеством питательной и котловой воды обычно ориентируются на значения щелочности или – более представительные – значения минерализации (солесодержания) воды.

С питательной водой в котловую воду непрерывно вводится определенное количество солей, но с паром солей уносится несоизмеримо меньше: в котлах давлением до 6,9 МПа – в основном в виде капель (тумана) котловой воды. И, таким образом, солесодержание котловой воды быстро нарастает – до значений, при которых паросепарационные устройства не способны отделять воду от пара. В пределе солесодержание пара может стать равным солесодержанию котловой воды.

Время достижения заданной минерализации котловой воды:

$$T = (V/G_2) \cdot 2,3 \cdot \lg(D \cdot C_{пв} / (G_1 \cdot C_{пв} - G_2 \cdot C_{кв})), \quad (1)$$

где  $T$  – время достижения предельной минерализации котловой воды, ч;

$V$  – масса воды в котле, кг;

$G_1, G_2$  – расходы соответственно питательной и котловой (продувочной) воды, кг/ч;

$D$  – расход пара, кг/ч;

$C_{пв}, C_{кв}$  – минерализация соответственно питательной и котловой (продувочной) воды, мг/кг.

Если продувка не предусматривается, то время достижения определенной минерализации котловой воды:

$$T = V \cdot ((C_{кв} - C_{пв}) / (C_{пв} \cdot D)), \quad (2)$$

где: обозначения – см. выше.

Для разных котлов эта величина обычно находится в пределах 0,5–0,7 ч.

Допустимое наибольшее солесодержание котловой воды поддерживается определенным количеством выводимой из котла котловой воды. Это количество – продувка – устанавливается для каждого котла во время теплотехнических испытаний.

Продувка котла разделяется на непрерывную и периодическую.

Непрерывная продувка котла условно может быть разделена на вынужденную (неизбежную) и организованную. Основной поток: котловая вода из барабана котла (собственно непрерывная продувка) и некоторое количество воды, уносимой из котла с паром. Например, для паровых котлов без пароперегревателей давлением до 2,35 МПа влажность пара допускается до 1 %.

Периодическая продувка предназначена для удаления грубодисперсного шлама, накопившегося в застойных (малоактивных) зонах циркуляционной системы котла: в нижних коллекторах экранов – основная часть шлама – и в барабанах. Из-за сравнительно малых скоростей воды в сборном и отводящем трубопроводах периодическая продувка в барабанах, будь она там организована, не обеспечит отвод шлама. Небольшое количество шлама убирается из барабанов во время ремонтов котла.

Интенсивность периодической продувки ограничивают расходом воды 400–500 кг/мин при полностью открытой продувочной арматуре поочередно на время не более 30 с (для каждого клапана или вентиля каждого коллектора).

К периодической продувке могут быть отнесены также потоки воды из пробоотборных трубопроводов.

Расход воды через пробоотборные трубопроводы Ду10 должен обеспечиваться (при 80-процентной паропроизводительности котла) в пределах 30–50 кг/ч – для подпиточной, сетевой, питательной и котловой воды и 20–30 кг/ч – для насыщенного и перегретого пара. Несмотря на сравнительно малый расход, следует избегать неоправданных потерь воды через пробоотборные трубопроводы: отбор проб нужно производить периодически по графику с предварительной продувкой трубопроводов.

Место и конструкция вывода непрерывной продувки должны быть таковы, чтобы предотвратить попадание в трубопровод продувки пара и питательной воды. Кроме того, необходимо исключить влияние потока воды в устье продувочного трубопровода на успокоительную колонку указателей уровня воды в барабане.

Нужно иметь в виду, что – даже в отсутствие продувки через сепаратор – продувка есть: упомянутый выше отбор проб и случайные утечки воды через неплотности трубопроводов.

Ограничение наибольшего значения солесодержания котловой воды, обусловленное, как указано выше, необходимостью получения «чистого» пара, вынуждает увеличивать продувку котлов. Однако экономические соображения и также обеспечение надежности циркуляции воды в котле требуют устанавливать нормативные значения продувки:

котлы высокого давления (9,8 и 13,8 МПа) – не более 1 % паропроизводительности котла при восполнении потерь воды обессоленной водой или дистиллятом испарителей и не более 3 % при восполнении потерь умягченной водой;

котлы низкого и среднего давления (до 3,9 МПа) – можно допустить продувку до 20 %, но при этом необходимо технико-экономическим расчетом подтвердить целесообразность увеличенной продувки по сравнению с частичной деминерализацией добавочной воды (в составе питательной воды) с помощью ионитного или мембранного обессоливания, дистилляции, увеличения возврата конденсата.

В любом случае продувка не должна быть меньше 0,5 % – для предотвращения образования железонакипных отложений. Для некоторых конструкций котлов производители устанавливают наименьшее значение продувки более 0,5 %.

Понятно, что необходимо уменьшать потери теплоты и воды с продувкой котла. Установка сепаратора продувки – один из главных способов такой экономии.

С продувочной водой из котла отводится теплота при потенциале, соответствующем получению насыщенного пара, а используется эта теплота при меньшем

потенциале. Так, пар, образующийся в расширителе до сепаратора и в самом сепараторе продувочной воды, заменяет пар, который мог бы быть использован наряду с паром котла.

Количество продувочной воды в размере 1 % увеличивает расход топлива в котле на 0,15–0,25 % – при низком и среднем давлении и на 0,25–0,30% – при высоком давлении.

Значение продувки котла ориентировочно (упрощенно) определяется:

$$P = C_{\text{пв}} \cdot 100 / (C_{\text{кв}} - C_{\text{пв}}), \quad (3)$$

где  $P$  – значение продувки, доля производительности котла, %;

$C_{\text{пв}}$ ,  $C_{\text{кв}}$  – солесодержание питательной и продувочной воды соответственно, мг/кг.

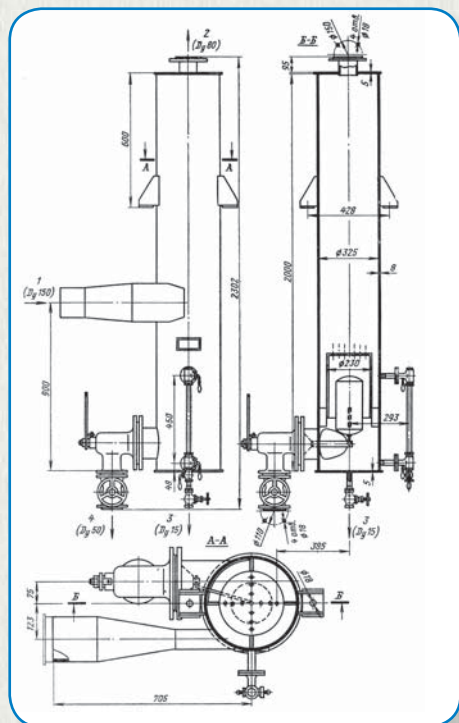
Значение  $P$  определяет количество всей продувки, а не только, как приходится часто слышать и читать, количество непрерывной продувки.

При определении значения продувки по формуле (3) предполагается, что солесодержание пара несопоставимо мало по сравнению с солесодержанием питательной воды. Предположено также, что значение коэффициента уноса котловой воды с паром мало сравнительно со значением расхода продувки.

Пример: значение уноса котловой воды с паром (по общему солесодержанию) в котлах высокого давления – не более 0,05 %, но для соединений кремния – 1,0–1,5 % концентрации этих веществ в котловой воде. Поэтому в ряде случаев значение продувки нужно определять отдельно для разных составляющих котловой воды и принимать наибольшее из полученных значений. Подобные расчеты нужно проводить и для котлов среднего давления, если они отдают пар на турбину.

Для котлов давлением до 3,9 МПа, как правило, отведение непрерывной продувки производится одноступенчато, то есть давление однократно понижается от значения в барабане котла до значения в сепараторе продувки. Рабочее давление в таких стандартных сепараторах принимается равным до 0,16 МПа.

Количество пара, образующееся после понижения давления пара от значения в котле до значения в сепараторе, определяется:



Конструкция сепаратора непрерывной продувки Бийского котельного завода

$$r = (k \cdot i_{\text{кв}} - i_{\text{св}}) / (i_{\text{п}} - i_{\text{св}}), \quad (4)$$

где  $r$  – количество пара в сепараторе, доли единицы;

$k$  – коэффициент, учитывающий тепловые потери сепаратора и трубопроводов в окружающую среду, принимается равным 0,97–0,98;

$i_{\text{кв}}$ ,  $i_{\text{св}}$ ,  $i_{\text{п}}$  – энтальпия (теплосодержание) котловой воды, воды, отделенной в сепараторе, и пара из сепаратора, кДж/кг.

Значение продувки котла с учетом работы сепаратора:

$$P_{\text{с}} = C_{\text{пв}} \cdot 100 / ((C_{\text{кв}} - (1 - k) \cdot C_{\text{пв}})), \quad (5)$$

где  $P_{\text{с}}$  – значение продувки (с учетом сепаратора), доля производительности котла, %;

другие обозначения – см. формулы (3) и (4).

Целесообразность установки сепаратора для котлов низкого и среднего давления при расходе продувочной воды менее 2 % паропроизводительности котла или до 0,5 т/ч определяется:

$$A \cdot Ц < (P_{\text{с}} \cdot D \cdot (i_{\text{кв}} - i_{\text{св}}) \cdot \text{Сут} \cdot B) / 7000, \quad (6)$$

где  $A$  – ежегодные амортизационные отчисления, доли единицы;

$Ц$  – полная стоимость установки для использования теплоты продувочной воды (аппараты, трубопроводы, монтаж), руб.;

$\text{Сут}$  – стоимость 1 т условного топлива, руб.;

$B$  – расчетное число часов работы котла за год, другие обозначения – см. выше.

При количестве продувочной воды 0,5–1,0 т/ч чаще всего целесообразно устанавливать только сепаратор – без последующего теплообменника.

Желательно организовать схему так, чтобы вскипание продувочной воды происходило до сепаратора: мельчайшие капли пароводяной смеси укрупняются, прилипают к стенкам трубопровода и в виде крупных капель, пленки воды попадают в сепаратор. Наличие в сепараторе центробежного устройства позволяет эффективно отделять пар от воды. Длина трубопровода от дроссельной диафрагмы до сепаратора должна быть не менее 15 м. Скорость воды перед расширителем должна быть по возможности малой.

Пар от сепаратора можно использовать в деаэраторе, подогревателе исходной или добавочной воды, для нагрева регенерационного раствора водоподготовительных фильтров.

Воду после сепаратора можно направить в резервуары-баки питательной воды испарителей, подпиточной воды закрытых тепловых сетей, теплообменники подогрева исходной и добавочной воды.

Охлажденную продувочную воду после сепаратора и теплообменника можно использовать для получения насыщенного раствора регенеранта натрий-катионитных фильтров – раствора натрия хлорида и с целью его умягчения – осаждения кальция и магния содержащимися в продувочной воде щелочами и фосфатами. При этом должны выдерживаться условия: щелочность по фенолфталеину рабочего раствора указанной соли – не более 3–4 ммоль/л и концентрация сульфатов (по  $\text{SO}_4^{2-}$ ) в растворе – не более 8 г/л.

Возможно также применение охлажденной продувочной воды для подпитки закрытой тепловой сети, для подпитки охлаждающей оборотной воды (стабилизации ее) при содержании фосфатов (по  $\text{PO}_4^{3-}$ ) более 50 мг/л или примерно 50 % общего солесодержания, для добавления к исходной воде осветлителей с известкованием.

Если щелочная продувочная вода сбрасывается в общую канализацию, куда также поступает вода с жесткостью более 10 ммоль/л, то не исключено зарастание канализационной системы карбонатом кальция и гидратом окиси магния.

Размеры сепаратора продувки определяются по условию получения из него достаточно «чистого» вторичного пара. Условие выполняется, если удельное объемное паронапряжение парового объема сепаратора не более 800–1000 м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·ч).

Количество (масса) образующегося перед сепаратором и в сепараторе пара равно:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} \cdot (k \cdot i_{\text{кв}} - i_{\text{св}}) \cdot r / (R \cdot x), \quad (7)$$

где  $D_{\text{сп}}$  – количество пара в сепараторе, кг/ч;

$D_{\text{п}}$  – количество продувочной воды, поступающей в сепаратор, кг/ч;

$R$  – теплота испарения при давлении в сепараторе, кДж/кг;

$x$  – степень сухости пара в сепараторе, принимается равной 97–99 %;

другие обозначения – см. выше.

Потребный полный объем сепаратора продувки:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{сп}} \cdot V_0 / W + V_1, \quad (8)$$

где  $V_{\text{сп}}$  – паровой объем сепаратора;

$V_0$  – удельный объем отсепарированного пара, м<sup>3</sup>/кг;

$w$  – допускаемое паронапряжение парового объема сепаратора, принимается равным 800–1000 м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·ч);

$V_1$  – объем водяного пространства сепаратора, принимается равным 20–30 % полного объема сепаратора.

Если в сепараторе иногда поддерживается давление меньше 0,1 МПа из-за недостаточной надежности клапанов уровня воды в сепараторе, то сепаратор целесообразно установить на отметке +8 и снабдить его сифонным гидрозатвором-переливом.

В отсутствие потребителей воды из сепаратора и количестве этой воды менее 1 т/ч допускается установка сепаратора без теплообменника, вода сбрасывается в емкость-барбатер, откуда, охлажденная до 30–50 °С, направляется в канализацию.

При количестве воды периодической продувки больше указанных выше значений, нужно предусматривать отдельный сепаратор периодической продувки.

Международная выставка и конгресс

# ЭКВАТЭК 2010

Водный форум №1  
в России, СНГ и  
Восточной Европе



ЭКВАТЭК-2010

1 – 4 июня 2010 г.

Москва

МВЦ „Крокус Экспо”

Золотой спонсор ЭКВАТЭК:



International  
Water Association

Конференция Международной водной ассоциации  
**2–4 июня 2010 г.**

**«Водоподготовка и очистка сточных вод  
населенных мест в XXI веке: Технологии,  
Проектные решения, Эксплуатация  
станций»**

**[iwaconference@sibico.com](mailto:iwaconference@sibico.com)  
[www.iwaconference.ru](http://www.iwaconference.ru)**

Спонсоры Конференции:



SIEMENS



ЛИТ



Тел./факс: +7 (495) 225 5986,  
782 1013  
e-mail: [ecwatech@sibico.com](mailto:ecwatech@sibico.com)



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

# О технологическом присоединении к электрическим сетям

Осенью прошлого года вышло методическое пособие «Технологическое присоединение к электрическим сетям», подготовленное Федеральной антимонопольной службой и Общероссийской общественной организацией малого и среднего предпринимательства «Опора России». Ниже мы предлагаем краткий обзор некоторых положений этого документа.

**И**так, технологическое присоединение — это комплекс процедур, который включает в себя подачу заявки; заключение договора; получение разрешения Ростехнадзора (для объектов юридических лиц и индивидуальных предпринимателей мощностью свыше 100 кВт, для объектов физических лиц мощностью более 15 кВт, а также временного присоединения объектов, мощность которых превышает 100 кВт); осуществление сетевой организацией присоединения объекта к электросети; фактический прием напряжения и мощности; составление актов о технологическом присоединении, разграничении балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности.

## Требования к содержанию заявки

Заявка физических лиц на технологическое присоединение объектов мощностью до 15 кВт должна содержать следующую информацию: фамилию, имя и отчество заявителя; серию, номер и дату выдачи документа, удостоверяющего личность; место жительства заявителя; наименование и место нахождения присоединяемых энергопринимающих устройств; сроки проектирования и поэтапного введения в эксплуатацию энергопринимающих устройств; максимальную мощность энергопринимающего оборудования.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, подающие заявку на технологическое присоединение объектов мощностью до 100 кВт, обязаны указать: реквизиты заявителя; наименование и место нахождения энергопринимающих устройств; место нахождения заявителя; сроки проектирования и поэтапного вве-

дения в эксплуатацию энергопринимающих устройств; поэтапное распределение мощности, сроки ввода и сведения о категории надежности электроснабжения; максимальную мощность энергопринимающих устройств; характер нагрузки; предложения по порядку расчетов и условиям рассрочки внесения платы (для заявителей, максимальная мощность энергопринимающих устройств которых составляет свыше 15 кВт и не превышает 100 кВт).

В заявке юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, суммарная мощность объектов которых не превышает 750 кВА, указываются: реквизиты заявителя; наименование и место расположения энергопринимающих устройств; место нахождения заявителя; количество точек присоединения и технические параметры элементов энергопринимающих устройств; заявляемый уровень надежности энергопринимающих устройств; сроки проектирования и поэтапного введения в эксплуатацию энергопринимающего оборудования; поэтапное распределение мощности, сроки ввода и сведения о категории надежности электроснабжения; максимальная мощность энергопринимающих устройств; характер нагрузки.

Заявка на временное (не более 6 месяцев) присоединение для передвижных объектов мощностью до 100 кВт должна содержать: реквизиты заявителя; наименование и место нахождения энергопринимающих устройств; сведения о месте нахождения заявителя; сроки проектирования и поэтапного введения в эксплуатацию энергопринимающих устройств; информацию о поэтапном распределении мощности, сроках ввода и категории надежности электроснабжения; данные

о максимальной мощности энергопринимающих устройств, характере нагрузки и сроках временного присоединения.

Иные потребители заявляют следующие данные: реквизиты; наименование и место нахождения энергопринимающих устройств; место нахождения заявителя; максимальную мощность энергопринимающих устройств и их технические характеристики, количество, мощность генераторов и присоединяемых к сети трансформаторов; количество точек присоединения и технические параметры элементов энергопринимающих устройств; заявляемый уровень надежности энергопринимающих устройств; характер нагрузки (для генераторов — возможная скорость набора или снижения нагрузки); наличие нагрузок, искажающих форму кривой электрического тока и вызывающих несимметрию напряжения в точках присоединения; величина и обоснование величины технологического минимума (для генераторов), технологической и аварийной брони (для потребителей электрической энергии); сроки проектирования и поэтапного введения в эксплуатацию энергопринимающих устройств; поэтапное распределение мощности, сроков ввода и сведения о категории надежности электроснабжения при вводе энергопринимающих устройств по этапам и очередям.

Заметим: сетевая организация не имеет права требовать от заявителя предоставления каких-либо иных сведений.

## Документы, прилагаемые к заявке

Список документов, прилагаемых к заявке, включает в себя: план расположения энергопринимающих устройств; одноли-



нейную схему электрических сетей заявителя (номинальный класс напряжения которых 35 кВ и выше) с указанием возможностей резервирования от собственных источников энергоснабжения и переключения нагрузок по внутренним сетям заявителя; перечень и мощность энергопринимающего оборудования, которое может быть присоединено к противоаварийным устройствам; копию документа, подтверждающего право собственности, или иное предусмотренное законом основание на объект капитального строительства и (или) земельный участок, на котором расположены или будут располагаться объекты заявителя, либо право собственности или иное предусмотренное законом основание на энергопринимающие устройства; доверенность или иные документы, подтверждающие полномочия представителя заявителя (если заявка подается представителем заявителя); формы модульных схем технологического присоединения энергопринимающих устройств, утвержденные Министерством энергетики Российской Федерации (для объектов юридических лиц и индивидуальных предпринимателей мощностью до 100 кВт, а также объектов физических лиц до 15 кВт включительно).

### **Сроки осуществления технологического присоединения**

Для заявителей по временному (не более 6 месяцев) присоединению сроки осуществления работ не должны превышать

15 рабочих дней (если в заявке не указан более продолжительный период). При этом расстояние от энергопринимающего устройства заявителя до электросети не должно превышать 300 м.

Для юридических (мощность объекта до 100 кВт) и физических (мощность объекта до 20 кВт) лиц срок осуществления технологического присоединения составляет 6 месяцев. Расстояние от электросети до границ участка заявителя не должно превышать 300 м (в городах и поселках городского типа) или 500 м (в сельской местности).

Срок присоединения энергопринимающих устройств мощностью до 750 кВА составляет 1 год, а устройств мощностью более 750 кВА – 2 года (если иные сроки не предусмотрены в соглашении сторон или инвестиционной программой).

### **Выбор сетевой организации**

При выборе сетевой организации следует руководствоваться расстоянием от границ участка заявителя до ближайшего объекта электросети. Так, например, если на расстоянии до 300 м находятся электросетевые объекты нескольких организаций, то заявитель (если он не намерен осуществить присоединение энергопринимающих устройств по индивидуальному проекту) может обратиться в любую из них.

Если на расстоянии менее 300 м расположены объекты только одной организации, то заявку следует направлять именно в нее.

В том случае, когда объекты электросетевого хозяйства различных организаций находятся на удалении более 300 м, заявка направляется в ту организацию, электросетевое оборудование которой расположено на наименьшем расстоянии от границ участка заявителя.

### **Условия договора**

Договор, заключаемый между заявителем и сетевой организацией, должен содержать: перечень мероприятий по технологическому присоединению и обязательства сторон по их выполнению; срок осуществления технологического присоединения; положение об ответственности сторон за несоблюдение установленных договором и Правилами технологического присоединения сроков исполнения своих обязательств; порядок разграничения балансовой принадлежности электрических сетей и эксплуатационной ответственности сторон; размер платы, а также порядок и сроки ее внесения заявителем.

### **Плата за технологическое присоединение**

Плата за присоединение энергопринимающих устройств мощностью не более 15 кВт – не более 550 рублей. Если в качестве заявителя выступает некоммерческая организация (дачное объединение граждан, религиозная организация, содержащаяся за счет прихожан, гаражно-строительный кооператив и т.п.), плата заявителя сетевой организации не должна превышать 550 рублей для каждого члена (на которого приходится не более 15 кВт). Размер платы за технологическое присоединение для иных заявителей определяется регулирующим органом.

### **Окончание процедуры**

По окончании процедуры технологического присоединения сетевая организация и заявитель составляют и подписывают акты о разграничении балансовой принадлежности электрических сетей, разграничении эксплуатационной ответственности сторон и осуществлении технологического присоединения. Следует отметить, что сетевая организация не имеет права требовать от заявителя дополнительной платы за составление данных документов.

Подготовил В. Анохин

Издательский Дом  
«Аква-Терм» предлагает:



#### Справочники-каталоги:

«Бытовые отопительные котлы»  
«Горелки»  
«Водоподготовка» (на CD)

#### Брошюры:

«Как отопить загородный дом»  
«Что нужно знать при выборе котла»  
«Бытовые насосы и станции водоснабжения»  
«Расширительные баки и гидравлические аккумуляторы»

#### Журналы:

«Аква-Терм»  
«Аква-Терм Эксперт»

#### Журналы в электронной версии на [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru)

«Аква-Терм»  
«Аква-Терм Эксперт»  
«Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ»

Подробная информация  
на сайте [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru)  
или по телефону +7 (495) 751-6776

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

1' 2010

# КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ

Уважаемые читатели!

Продолжается подписка на 2010 год  
на журнал «Промышленные и отопительные  
котельные и мини-ТЭЦ»

Вы можете оформить редакционную подписку:

- на сайте [www.aqua-therm.ru](http://www.aqua-therm.ru) в разделе «Подписка»
- заполнив прилагаемую заявку и выслав ее по факсу +7 (495) 751-6776, 751-3966

## ЗАЯВКА НА ПОДПИСКУ

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

Ф. И. О.

Должность

Организация

Адрес для счет-фактур

ИНН/КПП

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.

14<sup>я</sup> международная промышленно-технологическая выставка



# SHK MOSCOW №1 в России

Тематика выставки:

- Отопительное оборудование
- Технологии кондиционирования, вентиляции и охлаждения
- Системы автоматизации и управления зданиями
- Сантехника
- Возобновляемые источники энергии

Главная тема:



**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

В рамках выставки:

14<sup>й</sup> Европейский АВОК-ЕНІ симпозиум  
«Современное энергоэффективное оборудование  
для теплоснабжения и климатизации зданий.  
Технологии зеленых зданий»

**20–23 апреля 2010**

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Павильон 2 + открытые площадки

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

**тел.: (499) 795 27 36**

В сотрудничестве:

Организатор:

При поддержке:



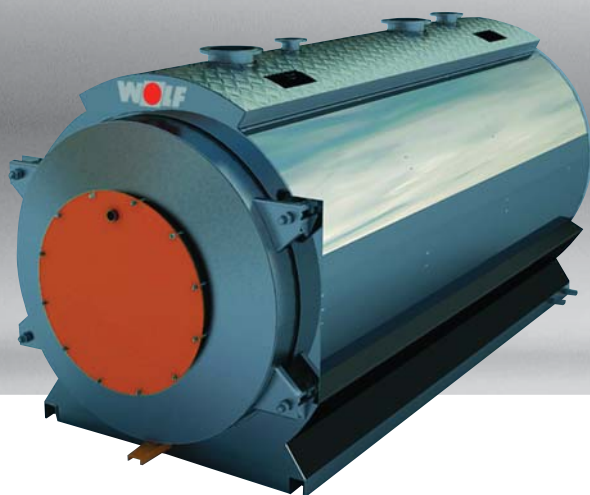
Официальный журнал выставки:

Генеральные информационные спонсоры:



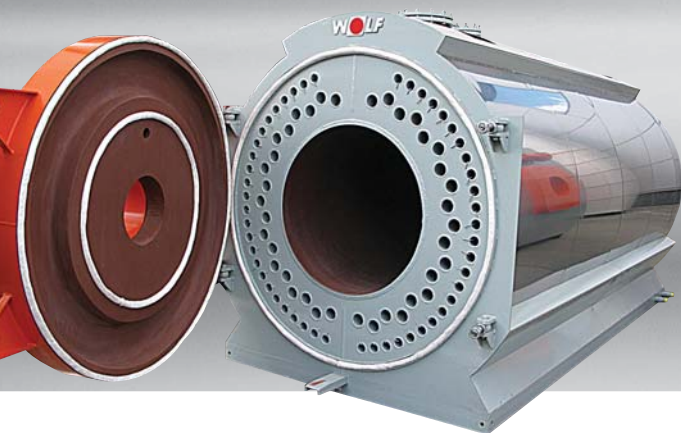
# Немецкое качество Российский опыт

**WOLF**  
ENERGY SOLUTIONS  
Завод котельного оборудования



## Серия Duotherm

Двухходовые жаротрубные  
водогрейные котлы  
Wolf Energy Solution  
**0,5 - 2,0 МВт**



## Серия GKS Dynatherm

Трехходовые жаротрубные  
водогрейные котлы Wolf  
**1,6 - 5,8 МВт**

**ОБЪЕМ ВЫПУСКА  
за 2009 г.  
580 МВт**



## Серия Eurotherm

Газоплотные водотрубные  
водогрейные котлы  
Wolf Energy Solution  
**3,15 - 58,2 МВт**

**Дымовые трубы. Ремкомплекты к котлам КВ-ГМ, ПТВМ, ДЕ, ДКВР**

Торговый дом  
завода котельного оборудования ОАО «Вольф Энерджи Солюшен»  
ООО «Энерго Девелопмент»

тел. (495) 790-7892 (495) 233-4260  
[www.100MW.ru](http://www.100MW.ru) [info@100MW.ru](mailto:info@100MW.ru)