

КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ



Котельные

Обзор рынка

Водоподготовка

Теплообменные
аппараты
нового поколения
16

Многотопливные
котлы повышенной
мощности
42

Озонирование
охлаждающей
воды
46



Официальный представитель итальянских котлов в России



ООО «Ивар промышленные системы»



ООО «ИВАР промышленные системы»

Официальный представитель

I.VAR industry S.r.l. в России

125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33/35

Тел.: (495) 669-58-94,

e-mail: info@ivar-industry.ru

www.ivar-industry.ru

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ

КОТЕЛЬНЫЕ и МИНИ-ТЭЦ

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

Главный редактор
Александр Преображенский
aquatetherm@aqua-therm.ru

Служба рекламы и маркетинга:
Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66

Людмила Павлова
sales@aqua-therm.ru
Служба подписки
Инна Свешникова
podpisika@aqua-therm.ru
market@aqua-therm.ru

Члены редакционного совета:
Р.Я. Ширяев, генеральный директор
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж»,
президент клуба теплоэнергетиков
«Флогистон»
Н.Н. Турбанов, технический
специалист ГК «Импульс»
В.Р. Котлер, к. т. н.,
заслуженный энергетик РФ,
ведущий научный
сотрудник ВТИ
В.В. Чернышев, зам.начальника
Управления государственного строительного
надзора
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
Я.Е. Резник,
научный консультант

Учредитель журнала
ООО «Издательский Центр
«Аква-Терм»

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

13 августа 2010 г.
Рег. № ПИ № ФС77-41685

Тираж: 7000 экз.
Отпечатано в типографии
«Печатных Дел Мастер»

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

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



Уважаемые читатели!

Благодарим журнал «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» и лично г-на Р.Я. Ширяева за предоставленную возможность обратиться к читателям и коллегам.

За недолгий срок существования, несколько лет, компании ООО «МегаваттСтрой» мы выросли из группы единомышленников до холдинга, собравшего и объединившего вокруг себя профессионалов всех отраслей теплоэнергетики: от проектной группы, способной грамотно решать любые задачи, монтажников и строителей, готовых реализовать задуманное, заканчивая специалистами высочайшего класса, которые в минимальные сроки могут предоставить заказчику конечный продукт в виде реализованного проекта, сданного в эксплуатацию.

В это сложное для России время очень важно сплотиться и своей четкой и слаженной работой доказать себе и всему миру, что мы можем, используя новаторский подход и инновационные конструкторские решения, плодотворно трудиться на благо общества и каждого человека, делая его жизнь максимально комфортной. Дорогу осилит удающий!

Очилов Евгений Рустамович,
технический директор ООО «МегаваттСтрой»

16+

Содержание

НОВОСТИ

4-9

КОТЕЛЬНЫЕ

10 Экономия с ИТП

12 Пластиначатые теплообменники

16 Теплообменные аппараты

НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

19 Опыт применения аппаратно-программного комплекса «Топогаз-02» для оптимизации режимов работы квартальных котельных

ПРОИЗВОДИТЕЛИ РЕКОМЕНДУЮТ

22 Оптимизация процессов горения в твердотопливных котлах

24 Применение дутьевых горелок в вертикальных котлах наружного размещения

26 Строительство, реконструкция и эксплуатация котельных и технологических линий промышленных предприятий

28 I.VAR Industry – котлы наивысшего качества

30 Обеспечение паром предприятий пищевой промышленности

ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И КОГЕНЕРАЦИЯ

32 Зарубежные газотурбины радиальной конструкции для утилизации ПНГ

36 Комбинированный парогазовый цикл на базе трансформатора тепла с инжекцией пара в газовый тракт

ОБЗОР РЫНКА

42 Зарубежные многотопливные котлы повышенной мощности

ВОДОПОДГОТОВКА

46 Озонирование охлаждающей воды

МАСТЕР-КЛАСС

50 Проектирование котельной в 3D

52 Выбор мембран для ультрафильтрации

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СТРАНИЦЫ

54 Выставки в кризис

ВЫСТАВКИ

56 Календарь специализированных выставок на июль–декабрь 2015 г.

ИСТОРИЯ

58 Дрова как топливо





+7 498-657-48-06
kip-kontrol.ru



Реклама

✓ Сверхсрочная поверка счётчиков и корректоров газа

- ✓ Удерживаем цены на обслуживание и поверку узлов учёта газа с 2008 года!
- ✓ 15 лет опыта в области промышленной газификации и метрологического обслуживания узлов учёта и расхода газа!
- ✓ Наше предприятие единственное в Московском регионе, оказывающее услуги срочной и сверх срочной поверки средств учёта и контроля расхода газа. Мы осуществляем поверку газовых счётчиков и корректоров газа в течении 24 часов, включая демонтаж, метрологическое испытание и установку уже поверенного оборудования на предприятии Заказчика!

Котел в локомотивном депо

В котельной локомотивного депо «Ершов» Приволжской железной дороги ОАО «РЖД» установлен промышленный водогрейный котел Bosch Unimat UT-L мощностью 5,2 МВт, рабочим давлением 10 бар. Котел снабжен горелкой Weishaupt RGL 70/1-B, работающей на газе и дизельном топливе, а также системой управления Logamatic 4321. Оборудование поставили в октябре 2014 г.

Котельная локомотивного депо была построена в 2001 г.



и оборудована двумя котлами Cochran Boiler мощностью 5,25 МВт каждый, рабочим давлением 9,3 бара, оснащенными комбинированными горелками Hamworthy, работающими на газе или дизельном топливе. Она осуществляет отопление депо и снабжение его горячей водой для бытовых и технических нужд. Необходимость увеличения мощности котельной возникла в связи с расширением производственных площадей предприятия. При этом в помещении котельной изначально было предусмотрено место под расширение генерирующих мощностей. Среди преимуществ, определивших выбор решения, оптимальность комплектации котла, короткие сроки поставки, а также предоставление поставщиком услуг сервисного сопровождения. Дополнительно был заключен договор на шеф-проектирование, шеф-монтаж и шеф-пусконаладочные работы с помощью отдела сервиса промышленного оборудования «Бош Термотехника».

Это не первый котел данного производителя, установленный на объектах РЖД. Три котла Bosch Unimat UT-L российского производства установлены ранее в котельной Энгельсского локомотивного завода, а в воронежском локомотивном депо «Остоженка» с 2011 г. функционируют 2 паровых и 2 водогрейных котла Bosch.

Мощный конденсационный напольный котел

Компания ICI Caldaie S.p.A. (Италия) предлагает самый мощный из представленных сегодня на рынке напольный водогрейный конденсационный котел моноблочного типа серии CODEX. Котел не имеет ограничений по температуре возврата, наибольший КПД, равный 107 % (при расчете по низшей теплоте сгорания топлива), достигается при температуре возврата ниже 58 °C. Выше этой температуры явление конденсации водяных паров в дымовых газах не происходит, однако КПД данного котла достигает 97 % даже в случае, когда котел работает в традиционном графике тепловой сети.

Высокий КПД получают оптимизацией процесса сгорания топлива в сочетании с высокоэффективной теплоизоляцией корпуса котла, что позволило данному котлу получить 4 звезды эффективности согласно Европейской Директиве 92/42/EEC.

Трехходовая конструкция отвода продуктов сгорания топлива обеспечивает высокий срок службы котла и удовлетворяет самым строгим нормативам по защи-

те окружающей среды. Применение гофрированной топки позволяет увеличить поверхность теплообмена между дымовыми газами и водой, повышает механическую прочность конструкции и КПД котла.

Большой водяной объем делает данный котел универсальным и пригодным для решения разнообразных отопительных задач. Компактные габариты – оптимальным как для установки в новых котельных, в том числе крыщных, так и для реконструкции уже существующих. Вся конструкция газодинамического тракта выполнена из нержавеющей стали AISI 316 Ti, позволяющей полностью исключить влияние коррозии.

Трехходовая схема отвода дымовых газов и большой объем топки существенно снижают вредные выбросы NO_x.



Доступна новая модель полусварных пластинчатых теплообменников

Новая модель полусварных разборных теплообменников TK20 запущена в производство компанией «Альфа-Лаваль». Модель предназначена для нагрева и охлаждения агрессивных сред, обеспечивает максимальную производительность и отличается высокой надежностью; подходит для всех основных направлений применения пластинчатых теплообменников, включая испарители, конденсаторы, пароохладители, каскадные системы и экономайзеры/переохладители, где ключевым параметром является высокая эффективность. Она оптимизирована под использование природных хладагентов NH₃ и CO₂ и может работать в условиях низкого и высокого давления. Пластины новой конструкции особенно хорошо подходят для установок с затопленными испарителями.

В теплообменнике реализован ряд инновационных разработок, таких как Alfa Laval RefTight™ — уплотнительная канавка уникальной формы для максимально надежного удержания прокладки при минимальном контакте с нею, Alfa Laval CurveFlow™ — патентованная распределительная площадка специального профиля с повышенной



энергоэффективностью на единицу площади поверхности пластины и Alfa Laval ClipGrip™ — патентованная система крепления прокладок, в которой прокладка надежно удерживается на пластине с обеих сторон, что обеспечивает ее неподвижность при разборке теплообменника.

Удобная и компактная конструкция TK20 легко разбирается для осмотра и чистки, что существенно упрощает проведение технического обслуживания. Гибкая конфигурация позволяет изменять площадь теплопередающей поверхности в зависимости от области применения и требований технологического процесса. Сварные каналы с минимальным контактом с прокладками также обеспечивают надежную защиту от течи.

Новая модель поможет удовлетворить растущий спрос на высокую энергоэффективность, малую разность температур теплоносителей, повышенные расходы и расширенный диапазон производительности. С этого года теплообменник доступен для заказа.

Новая серия МКС для систем отопления

Запущена новая серия модульных коллекторных систем MKC 70 под брендом GEFFEN российского производства. MKC 70 позволяет быстро смонтировать систему отопления, имеющую до 3-х контуров. Высококачественные материалы, применяемые в этой серии, современные технологии производства и продуманная конструкция обеспечивают высокую надежность и продолжительный срок службы систем отопления. Для производства MKC 70 используется спокойная сталь марки 20, бронза и высококачественная латунь. TIG – сварка в среде аргона, которая обеспечивает высокое качество сварных швов, не отличающихся по химическому составу от основного металла.

Каждую полость после сварки отдельно и все изделие в сборе проверяют на герметичность под давлением, в разы превышающим номинальное. Современный внешний вид придает порошковое антикоррозийное покрытие, главная функция которого – защита от царапин и влаги. Покрытие наносится при температуре свыше 200 °C. Для подключения модулей к коллектору и к узлу низкотемпературного контура применяются торцевые уплотнения с накидными гайками. Такое решение обеспечивает: высокую скорость монтажа системы отопления, надежность и герметичность соединений, возможность бы-



строй замены накидной гайки. Подключение MKC 70 к контурам отопления производится с помощью резьбового соединения ¾" (DN 20), что позволяет серьезно экономить на фитингах и трубах. Система полностью соответствует российским СНиП и СП и российским условиям эксплуатации.

Местное топливо как выход из нерентабельности

Во Владимирской области повышение энергоэффективности объектов теплоснабжения частично будет решаться переводом нерентабельных котельных на местные виды топлива. Поскольку Владимирская область не располагает собственными запасами газа и угля, но обладает значительными запасами местных возобновляемых ресурсов (отходов лесопереработки и торфа), по поручению губернатора в регионе проводится работа по строительству и модернизации котельных, работающих на этих видах топлива. В первом полугодии 2015 г. уже введены в эксплуатацию 2 биокотельные в Меленковском районе, построенные за счет средств инвестора ОАО «БиоЭнерго». Экономия затрат на производство тепловой энергии с использованием торфа превысила 50 % по сравнению с мазутом, который применялся ранее. В настоящее время во Владимирской области на 215

котельных в качестве топлива используются дрова и отходы деревообработки. Кроме этого, в Ковровском районе в прошлом году по концессионному соглашению две котельные общей стоимостью 50 млн рублей переводятся с мазута на отходы деревообработки по государственной программе РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики». Экономический эффект от реконструкции котельных составит более 32 млн рублей. Предполагается, что после ввода котельных в эксплуатацию улучшится экологическая

ситуация в пос. Нерехта и д. Шевинская за счет сокращения массы выброса загрязняющих веществ, а местные жители будут получать более качественные коммунальные услуги.



Биокотельная в Архангельской области

Котельную,рабатывающую на опилках, щепе и древесной коре, запустили в Устьянском районе Архангельской области. Открытие этого объекта, перерабатывающего в тепло биотопливо, состоялось в присутствии временно исполняющего обязанности губернатора региона Игоря Орлова и министра природных ресурсов и экологии РФ Сергея Донского 27 августа. Котельная построена в пос. Октябрьском в рамках приоритетного инвестиционного проекта. Объем инвестиций, вложенных в проект, превысил 782 млн рублей. Затраченные средства пошли, в частности, на закупку 5-ти итальянских котлов мощностью 9 МВт. Котельная в пос. Октябрьском полностью автоматизирована и является самой мощной из работающих на биотопливе в Восточной Европе. Энергоустановка обеспечит теплом более 10 тыс. жителей поселка, ее мощность рассчитана с учетом перспективного плана развития и жилищной застройки пос. Октябрьского на ближайшие 25 лет. Для реализации проекта региональное правительство выделило инвестору на льготных условиях расчетную лесосеку общим ежегодным объемом порядка 800 тыс. м³ древесины. Ввод новой котельной позволит снизить для потребителей тариф на тепловую энергию, а также сократить расходы бюджетов всех уровней.



Перегрузки от ветряков



Солнечные и ветроэлектростанции Германии производят так много электроэнергии, что происходит перегрузка и в результате может произойти отключение сетей в соседних странах. В ветреный день излишки энергии, сбрасываемые в восточном направлении, превышают объемы, которые производят четыре атомных реактора. Польша и Чешская Республика вкладывают 180 млн долл. США в оборудование для защиты их энергосистем от скачков напряжения в Германии. Австрия также принимает меры, чтобы не допустить нарушения работы региональных сетей. Пятикратный рост германской энергетики, использующей возобновляемые источники энергии, за прошедшее десятилетие значительно опередил рост инвестиций в строительство линий электропередачи для распределения внутри страны. В результате электроэнергия, выработанная на севере страны, проходит через польские и чешские сети, чтобы достигнуть Южной Германии, где ощущается нехватка электричества. Теперь немецкие сетевые компании планируют потратить по крайней мере 22 млрд евро на высоковольтные ЛЭП. Модернизация сетей должна произойти раньше, чем в 2022 г., когда остановятся последние восемь германских атомных реакторов. АЭС в Германии активно закрываются после на АЭС «Фукусима-1» в Японии. Ядерная энергия теперь составляет лишь 16 % энергорынка Германии, в то время как доля возобновляемых источников достигла 26 %.

Энергоэффективный обогрев промышленных предприятий

В Москве состоялся VII Международный конгресс «Энергоэффективность. XXI век», в ходе которого участники обсуждали пути развития энергосбережения в промышленном секторе. На долю инженерных сетей промышленных предприятий приходится от 20 до 80 % всего объема потребления тепловой энергии промышленной площадкой и до 25 % электрической. Потенциал экономии огромен, и все больше производств выбирают энергосберегающую технику. Примерами предприятий, где обогрев помещений производится с высоким уровнем энергосбережения, являются заводы Volkswagen в Калуге и Heineken в Нижнем Новгороде. Здесь установлено оборудование компании Kampmann. Отличительная особенность промышленных площадок – наличие производственного оборудования, выделяющего тепло. Это необходимо учитывать при проектировании соответствующих систем во избежание перетопов.

Обогревающее оборудование на заводах Volkswagen и «Волга» (филиал Heineken в Нижнем Новгороде) установлено на основе полного теплотехнического расчета, учитывающего все особенности и ключевые факторы предприятия. Экономии удалось добиться за счет установки воздушных завес ProtecTor, которые, благодаря уникальной запатентованной технологии изготовления, на 38 % экономичнее аналогов. Это обусловлено тем, что устройство ProtecTor создает два потока воздуха (теплый и исходной температуры), а не один, как другое подобное оборудование. Холодная завеса служит своеобразной прослойкой между наружным воздухом и образуемым теплым потоком, что уменьшает расход теплоносителя без ущерба качества работы завесы.

Широкое воздухонаправляющее сопло фокусирует завесу, предотвращая энергетически невыгодные завихрения. В результате потоки, создаваемые оборудованием, притягиваются друг к другу, повышается дальность струи и эффективность экранирования. Все

это дает возможность использования завес ProtecTor для ворот любых размеров и предотвращает потери накопленного в производственных помещениях тепла. Специалисты KAMPMANN провели сравнительный расчет для 8-ми ворот высотой и шириной по 3,5 м каждые. Тепловая мощность стандартных завес в данном случае составляет 930 кВт, а аналогичных по характеристикам устройств ProtecTor – всего 530 кВт.



Итоговая разница в энергопотреблении почти двукратная. Дополнительное сбережение средств достигается за счет возможно-

сти использовать подводящие трубы меньшего диаметра, насосы и котел меньшей мощности.

Наряду с энергоэффективностью, при выборе оборудования для заводов важно учитывать и его способность работать в тяжелых условиях: пыльных и влажных помещениях. Исходя из указанных критериев, для отопления цехов автомобильного и пивоваренного предприятий были выбраны тепловентиляторы TIP и TOP. Эти приборы изготовлены из оцинкованной стали, что делает их устойчивыми к коррозии и частой очистке.

Дополнительно модели, установленные на Volkswagen, оснащены насадками KaMax с регулируемыми воздухораспределяющими лопастями. Они позволяют обеспечить максимально эффективное перемешивание потоков воздуха, что приводит к снижению тепловых потерь и уменьшению нагрузки на систему. Насадки KaMax делают оборудование универсальным, благодаря регулируемым лопастям можно не приобретать индивидуальные модели тепловентиляторов для помещений с разной высотой (5, 10, 15 и более метров). Достаточно правильно настроить угол наклона ламелей, и образуется поток нужной направленности и силы.

При проектировании инженерных систем крупного предприятия важно помнить, что любой завод – это не только производственные участки, но и офисные кабинеты, а для них требуется другой вид отопительных и вентиляционных систем. Так, для обогрева АБК Volkswagen были выбраны встраиваемые в пол конвекторы KathermNK. Они работают по принципу естественной конвекции и не требуют дополнительных вентиляторов, обладая при этом высокой теплопроизводительностью.

Существенное преимущество оборудования KathermNK – возможность выбора оптимального режима работы. Например, в утренние часы можно увеличить производительность прибора, а вечером уменьшить. Регулирование температуры происходит с помощью обычного или программируемого терmostата путем изменения высоты и ширины канала.

Строительство котельной. Как сохранить документы и данные

Типовой проект строительства промышленной котельной требует слаженной работы шести–семи различных подразделений компании-подрядчика. При этом процесс строительства от начала до завершения сопровождают документы, и не только внешние регуляторные, но и внутренние – договор с заказчиком и контракты с субподрядчиками, требования к оборудованию, сметы, проектная документация, акты приемки работ и т.п. Как обеспечить участников строительства котельной удобной средой для коллективной работы, которая объединяла бы в себе инструменты для управления проектами с возможностью структурированного хранения и анализа всей значимой информации? Об этом – в статье, основанной на опыте двух компаний. Первая из них, «Rainbow – Инженерные системы», специализируется на проектировании, строительстве и обслуживании промышленных и бытовых котельных. В свою очередь компания «ИнтерТраст» является одним из ведущих разработчиков систем для управления бизнес-процессами, задачами и документами.

Одной из главных особенностей отрасли является то, что котельные относятся к категории особо опасных объектов, их строительство регулируется множеством надзорных организаций и во многом является регламентируемым процессом. В зависимости от типа котельной и вида топлива применяется тот или иной набор регламентов, dictующих порядок выполнения каждого этапа проекта и определяющих, какие разрешительные документы и сертификаты необходимо предоставить в регулирующие организации.

«Важно, чтобы к определенному этапу проекта были зарезервированы не только необходимые ресурсы, но и подготовлены все документы, – рассказывает Антон Анохин, генеральный директор группы компаний «Rainbow – Инженерные системы». – Часть этих документов предоставляется в надзорные органы, часть – заказчику. Речь порой идет о довольно объемных комплектах документации, которую необходимо сформировать и согласовать в определенное время. Ситуация дополнительно усложняется тем, что каждый руководитель проекта отвечает за несколько объектов и должен держать в памяти не одну контрольную дату. При этом нужно понимать, что ни один сложный проект не осуществляется в абсолютном соответствии с планом: появляются объективные обстоятельства, вынуждающие корректировать ход работ, переносить сроки отдельных этапов или включать в проект новые этапы».

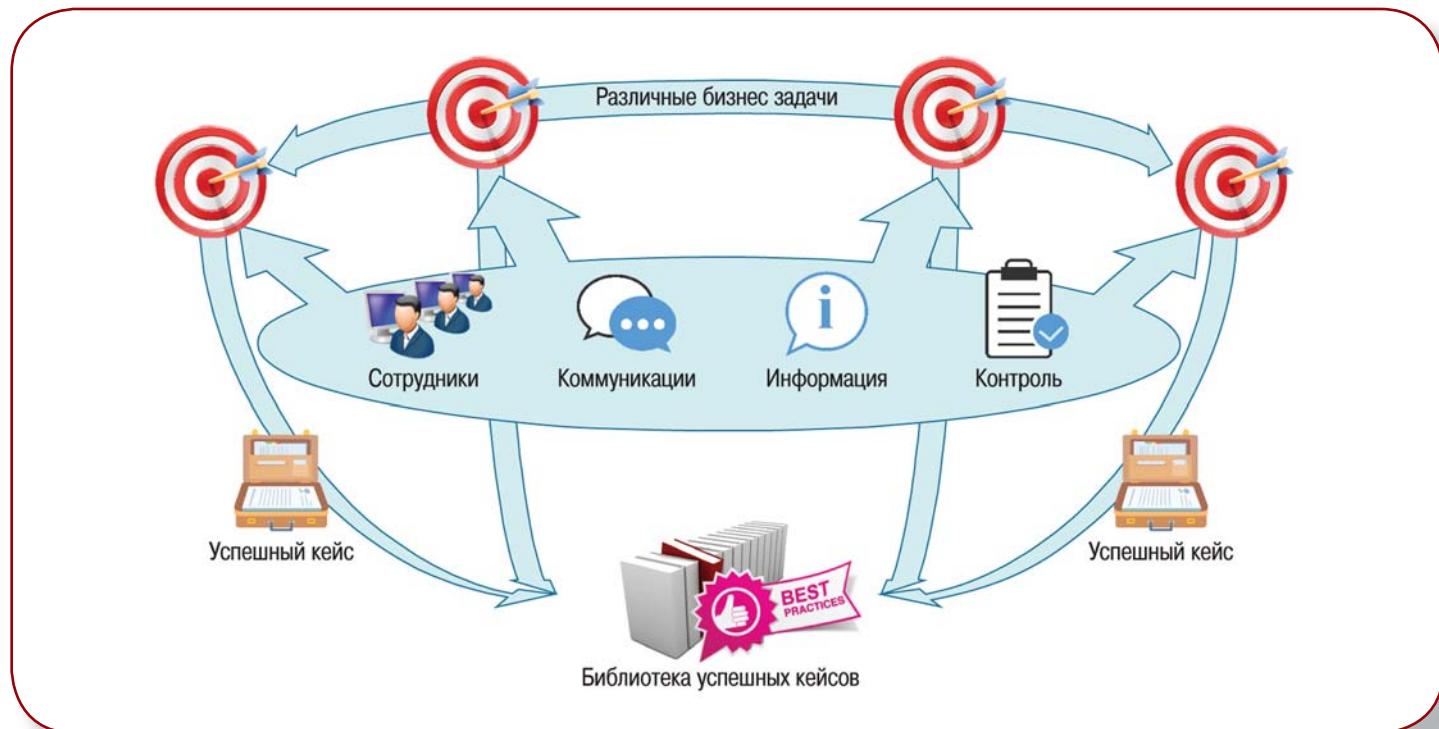
Руководитель проекта и специалисты, ответственные за тот или иной этап, должны оперативно получать информацию об изменении хода работ и контролировать процессы подготовки необходимых документов. Эти задачи зачастую решаются с помощью нескольких информационных систем, не связанных друг с другом. Планирование и общий контроль проекта осуществляются с помощью MS Project, сопровождающая проект документация находится в файловом хранилище, часть

необходимых данных – в ERP и бухгалтерской системе. Необходимо также учитывать, что большой объем информации содержится в электронной почте и на локальных дисках сотрудников, участвующих в проекте.

Контент, создаваемый в ходе каждого проекта, хранит немало полезной для бизнеса информации, которая может быть использована для оптимизации работ по предстоящим проектам. Документы и данные – при условии их централизованного сбора и структурированного хранения – могли бы стать основой для качественной аналитики. Такой анализ дает возможность точнее оценить финансовые и временные показатели будущих проектов.

«На деле здесь происходит разрыв: после подписания последних закрывающих актов анализ не проводится, даже если все необходимые данные для этого собраны, – комментирует Антон Анохин. – Мы пытались решить эту проблему и даже организовали облачное хранилище всех проектных документов, но этого оказалось недостаточно. Некоторые проекты делятся по полтора–два года, и собрать все документы за такой срок бывает непросто. В итоге мы не всегда имеем полную картину проекта и не можем точно оценить, почему одни параметры соответствуют плановым, а другие существенно отличаются от наших прогнозов. Мы бы хотели иметь в своем распоряжении систему, в которой можно было бы совместить функции гибкого управления проектами с инструментами для управления документацией и анализа корпоративного контента».

Оптимальным инструментом для решения подобных задач является адаптивный кейс-менеджмент (Adaptive Case Management, ACM) и программные продукты, реализующие этот подход. ACM используется для управления нерегламентированными или частично регламентированными процессами,



когда ход работ заранее не предопределен с абсолютной точностью, хотя конечная цель и перечень этапов в общем виде известны заранее.

Еще одна особенность кейсов – значительный объем контента, который сопровождает решение задачи и рождается в ходе работ. Контент – это не только документы, но и электронные таблицы, переписка по электронной почте, файлы изображений (в том числе сканированных), аудио- и видеофайлы и т.д. Именно поэтому инструменты ACM демонстрируют наибольшую эффективность, когда применяются в связке с системами электронного документооборота (СЭД). СЭД, с одной стороны, служит хранилищем контента, а с другой – предоставляет участникам кейса рабочую среду, единый интерфейс и все необходимые инструменты для достижения целей проекта. Одним из решений, объединяющих функциональность ACM и СЭД, является система управления документами и задачами CompanyMedia, разработанная компанией «ИнтерТраст».

Кейсы, объединяющие все ресурсы и необходимые для достижения цели

«В кейсах отправной точкой является группа людей, работающих по проекту, – говорит Вадим Ипатов, заместитель генерального директора «ИнтерТраст» по развитию бизнеса. – Для создания шаблона кейса достаточно общего описания процесса без глубокой детализации. Основой для такого шаблона может служить успешный проект, в нашем случае – проект строительства котельной. В шаблоне обозначаются этапы проекта, задачи и документы, сроки, ответственные подразделения и конкретные исполнители. На формирование кейса и его запуск уходит не более одной недели. После запуска бизнес-процесс корректируется и изменяется самими специалистами, отвечающими за конкретную ветку проекта».

Все элементы, необходимые для решения поставленной задачи – люди, документы, а также инструменты коммуникаций, планирования и контроля, – объединены в единой рабочей среде ACM. В этой среде составляются план в виде перечня задач и чек-лист как перечень критериев, ведущих к достижению требуемого результата. Весь процесс, включая планирование, назначение ответственных, работу с задачами и документами, контроль хода их выполнения, нагляден и прозрачен. В той же среде при необходимости происходит переназначение ответственных, изменение первоначального плана и перегруппировка ресурсов.

На основе успешно завершенного проекта (или нескольких) шаблон кейса можно усовершенствовать. Если со схожими процессами работают несколько групп, то, благодаря шаблонам, появляется возможность сравнить алгоритмы решения задач, выявить наиболее эффективный подход. Создается не просто база знаний – формируется набор лучших корпоративных практик.

В среде ACM сохраняются не только наработанные алгоритмы решения определенных задач, но и весь комплекс документов, сопровождающих проект. В свою очередь интеграционные возможности системы CompanyMedia позволяют организовать автоматизированный обмен данными между СЭД и другими информационными системами, включая ERP и бухгалтерские приложения. Таким образом, значимые для бизнеса данные консолидируются в одной системе, становятся доступны для ознакомления и анализа.

Экономия с ИТП

Широкое внедрение автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) – сегодня одно из главных направлений повышения энергоэффективности сетей теплоснабжения.



Рис. 1. Действующий индивидуальный тепловой пункт

В зданиях с надлежащим образом выполненной теплоизоляцией ограждающих конструкций подключение через автоматизированный ИТП (рис. 1) сокращает потребление тепловой энергии за сезон до 30 % в основном за счет исключения перетопов и пропорционально-интегрального регулирования систем отопления.

В случае полного оснащения централизованного теплоснабжения автоматизированными ИТП появляется возможность системной экономии при транспортировке тепловой энергии за счет отказа от центральных тепловых пунктов (ЦТП) и перехода на двухтрубные тепловые сети.

В свою очередь, двухтрубные тепловые сети позволяют повысить надежность всей системы теплоснабжения за счет распределения нагрузки на боль-

шое количество точек отпуска тепла и за счет исключения дополнительного распределительного элемента ЦТП, а также снизить потери тепловой энергии, экономия которой в данном случае достигает 7 %.

Наиболее широко особенности организации систем отопления на основе ЦТП и ИТП регламентированы в СП-41-101-95. В отличие от ЦТП, обслуживающих от двух зданий и более, к ИТП присоединяются системы отопления, вентиляции, ГВС и технологических теплоиспользующих установок одного здания или даже его части. Согласно указанному документу, устройство ЦТП для присоединения систем теплопотребления одного здания допускается только в случае, если для этого здания требуется устройство нескольких ИТП.

Кроме того, устройство ИТП обя-

зательно для каждого здания независимо от наличия ЦТП, при этом в ИТП предусматриваются только те функции, которые необходимы для присоединения систем потребления теплоты данного здания и не предусмотрены в ЦТП.

При теплоснабжении от котельных мощностью 35 МВт и менее рекомендуется предусматривать в зданиях только ИТП.

На законодательном уровне внедрение ИТП постепенно переводится из разряда рекомендуемых решений в обязательные (Постановление 262).

Комплектация ИТП

В большинстве случаев для передачи тепла с первичной сети ИТП комплектуются разборными или паяными пластинчатыми теплообменниками (рис. 2). Основанием выбора пластинчатых теплообменников, а не кожухотрубных служат их свойства –



Рис. 2. Пластинчатый теплообменный аппарат

компактность, большая эффективность, меньшая подверженность коррозии и формированию отложений, большая ремонтопригодность, кратковременные сроки чистки (несколько часов в год, что практически не сопровождается перебоями в обеспечении ГВС потребителя).

Кроме пластинчатых теплообменников, ИТП обычно комплектуются:

- циркуляционными и сетевыми насосами;
- системами центрального регулирования;
- контрольно-измерительными приборами;
- запорной и балансировочной арматурой;
- мембранными расширительными баками;
- приборами учета тепла и воды.

Насосное оборудование также один из важнейших элементов ИТП, от надежности и эффективности которого зависит вся работа системы теплоснабжения здания в целом. В целях оптимизации энергозатрат желательно применять современное экономичное оборудование с регулируемым приводом. По некоторым данным, установка насосных агрегатов с частотно-регулируемыми электродвигателями позволяет сэкономить до 50 % потребляемой электроэнергии.

Преимущества ИТП

Кроме преимуществ, обусловленных свойствами пластинчатых теплообменников, ИТП обладают и другими достоинствами:

- снижение капитальных затрат на возведение отдельного строения, необходимого для ЦТП (современные малогабаритные ИТП не требуют даже специально оборудованного помещения);
- снижение капитальных затрат за счет замены 4-трубной (для ЦТП) на 2-трубную подводку к зданию, так как ГВС готовится на ИТП, размещенном непосредственно в самом здании;
- исключение теплопотерь в наружных сетях ГВС (ввиду отсутствия таких сетей);
- практическое полное исключение так называемых недотопов и перетопов.

Организация системы теплоснабжения здания с ИТП, оснащенными совре-

менной погодозависимой автоматикой, позволяет отапливаться в более гибком и экономичном режиме.

БИТП

Тепловые пункты традиционно собираются монтажными организациями на месте из отечественного и импортного оборудования. Однако на современном рынке теплооборудования все большую популярность завоевывают ИТП заводской сборки, так называемые блочные индивидуальные тепловые пункты (БИТП) (рис. 3). Оборудование в таком случае поступает от производителя модулями или единным блоком, например в навесном шкафу. Производятся БИТП и в контейнерном исполнении. Заводская сборка выгодно отличается от сборки на стройплощадке более высоким качеством, что повышает надежность теплоснабжения при эксплуатации теплового пункта, а время подключения к сетям сокращается в несколько раз.

БИТП в блочном исполнении производятся и поставляются на российский рынок достаточно широко, в частности, компаниями: ООО «Данфосс», ООО «Ридан», ООО «ГЕА-Машимпекс», ООО «Майбес РУС» и др.

Варианты ИТП

ИТП могут использоваться не только при организации систем теплоснабжения вновь возводимых объектов, но и при реконструкции зданий. Уместно применение ИТП в закрытых системах теплоснабжения от автономных котельных, обеспечивающих отопление и ГВС поселков, таунхаусов и отдельных коттеджей.

Присутствуют на российском рынке и «квартирные» ИТП, рассчитанные на подключение к системе отопления и приготовления горячей воды для одноквартирного дома, отдельной квартиры. Это оборудование также выпускается в модульном исполнении.

Квартирные ИТП, как правило, предусматривают возможность под-



Рис. 3. Блочный индивидуальный тепловой пункт



Рис. 4. Квартирный тепловой пункт

ключения не только радиаторной, но и напольной системы отопления (рис. 4). Использование терморегулирующей арматуры создает дополнительные возможности по сбережению энергии. Так, терморегулирующий клапан в системе ГВС будет обеспечивать поддержание температуры горячей воды только в моменты ее потребления, мгновенно отключая подачу греющего теплоносителя в теплообменник при закрытии водоразборных кранов.

Пластинчатые теплообменники

Пластинчатые теплообменные аппараты имеют сегодня наибольшие перспективы для использования в составе как индивидуальных, так и центральных тепловых пунктов. Это диктуется их преимуществами, основанными на особенностях конструкции.

Пластинчатые теплообменники (ПТО) представляют собой рекуператорные аппараты теплового обмена, исключающие смешивание рабочих сред.

Потоки теплоносителя в ПТО движутся между стальными пластинами (рис. 1). Пластины имеют рельефную поверхность, создающую турбулентность потока для более эффективного теплообмена между несмешивающимися средами. Герметичность ПТО обеспечивается резиновыми прокладками, располагающимися между пластинами, пайкой или сваркой. Пластины стягиваются в пакет, и в разборных аппаратах число их может меняться в соответствии с нуждами заказчика.

Высокий КПД и большая площадь теплообменных поверхностей, находящихся в контакте с теплоносителем, определяют компактность пластинчатых аппаратов. ПТО с габаритными размерами $3 \times 2 \times 1$ м могут иметь площадь теплообменных поверхностей от 200 м² и более; в сравнении с кожухотрубными теплообменниками той же производительности ПТО компактнее в 4–6 раз.

Кроме того, турбулентность потока в каналах ПТО снижает вероятность образования отложений на поверхностях теплообмена. Как следствие, пластины ПТО меньше подвергаются коррозии, чем рабочие поверхности кожухотрубных теплообменных аппаратов, имевших широкое распространение ранее. Пластинчатые аппараты реже кожухотрубных нуждаются в очистке и служат дольше.

ПТО широко используются в системах теплоснабжения (ЦТП, ИТП, БИТП,

квартирные ИТП, системы ГВС) в качестве водоводяных или пароводяных водоподогревателей. Применяются они также в системах кондиционирования и вентиляции, где нередко использование теплообменников вода–гликоль. Также очень широкое применение теплообменные аппараты данного типа получили в различных отраслях промышленности.

Типы ПТО

По способу сборки ПТО подразделяются на разборные, паяные и сварные (выделяют также и полуварные).

В разборных герметизация достигается за счет уплотнений, в паяных – посредством пайки в вакуумной печи, в сварных – лазерной сваркой. Различаются эти группы и по способности теплообменника выдерживать ту или иную температуру теплообменных сред.

Основными компонентами разборных ПТО (рис. 2) являются: пакет пластин, уплотнения, рама и штуцеры.

Количество пластин в пакете теплообменника, их компоновка, материал, форма и размер определяются конкретной задачей теплообмена. В зависимости от области применения пластины могут быть изготовлены из хромоникелевых, хромоникелемолибденовых нержавеющих сталей, титана и других материалов. По периметру пластины расположены прессованные канавки для уплотнений.

Уплотнения предназначены для отделения каналов друг от друга, предотвращения протечек и смешивания сред. Они также определяют направление потока внутри разборного теплообменника. Уплотнения изготавливаются из нитрило-

вой резины (NBR), этилен-пропиленовой резины (EPDM), материала Viton. Выбор материала зависит главным образом от применяемых сред, а также их рабочих температур и давлений.

Рама состоит из неподвижной плиты, прижимающей плиты, верхней и нижней направляющих и задней стойки. Шпильки стягивают пластины, размещенные между плитами в пакет (рис. 3).

Штуцеры предназначены для ввода и вывода теплоносителя. Смежные пластины формируют каналы, в которых через пакет пластин движутся попеременно горячий и холодный теплоносители.

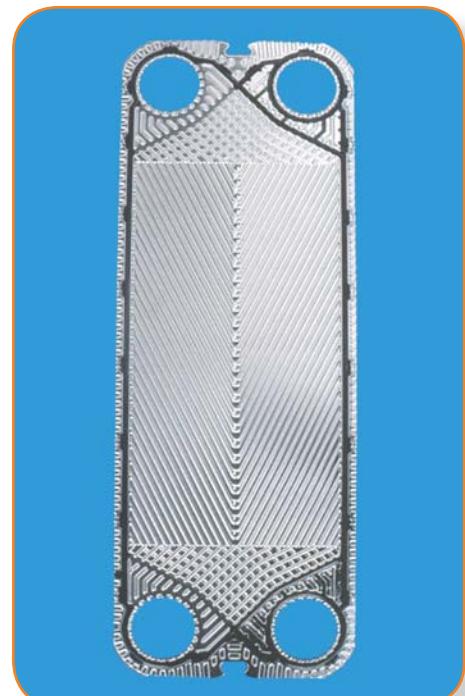


Рис. 1. Пластина разборного ПТО с прокладками

Для разборных ПТО максимальная рабочая температура составляет 150–180 °С, где 150 °С – температурный предел для уплотнений из резины EPDM, а 180 °С – для уплотнений из резины Viton или эксклюзивных материалов.

Разборные ПТО представляют собой оптимальное решение для систем теплоснабжения. Один из главных факторов, определяющих такое применение, – возможность разборки и очистки от накипи во время сезонных профилактических работ. Не менее важным для систем отопления преимуществом разборных теплообменных аппаратов является их возможность легко наращивать рабочую мощность за счет увеличения количества пластин в аппарате при существенной экономии площади помещения. Еще одно преимущество ПТО – высокая ремонтопригодность. Ремонт такого теплообменного аппарата сводится лишь к замене пластины или прокладки.

Высокая эффективность теплообмена (КПД может достигать 99 %), которую обеспечивают пластинчатые теплообменные аппараты, создает предпосылки для использования на тепловых пунктах современных систем автоматики с погодной компенсацией, что позволяет перейти на качественное регулирование теплоносителя в системе отопления в переходный период (при температуре наружного воздуха от 1 до 80 °С).

Кроме систем теплоснабжения коммунального комплекса, разборные ПТО нашли широкое применение в пищевой промышленности, в том числе в качестве пастеризаторов, а также в технологических процессах различных отраслей промышленности: на предприятиях атомной энергетики, нефтегазового комплекса и химической промышленности, в судостроении и металлургии.

Паяные ПТО (рис. 4) применяются там, где установка разборных теплообменников невозможна или нежелательна. Они характеризуются более широким диапазоном рабочих температур и давлений, однако предъявляются большие требования к качеству теплоносителей. Особенно успешно такие ПТО применяются в различных промышленных отраслях.

Пластины паяных ПТО производятся из нержавеющей стали или стали SMO 254 и имеют гофрированные поверхности, образующие при сборке в пакет проточные каналы, заполняемые движущимися в противотоке теплообменяющимися средами. Собранный пакет пластин паяется медью или никелем в термовакуумной печи. При этом гарантируется полная герметичность теплообменника и надежное разделение потоков. Отсутствие уплотнений позволяет достичнуть высоких значений рабочих давлений и температур. Для паяных теплообменников рабочая температура достигает 220–250 °С.

Гофрированные поверхности пластин, образующих каналы, способствуют значительной турбуленизации потоков, которая и определяет высокую эффективность теплопередачи даже при низких скоростях потоков. Большая турбулентность потоков также является причиной ярко выраженного эффекта самоочистки поверхностей теплообмена. В процессе теплопередачи участвует практически вся площадь пластин паяных теплообменников, поэтому они чрезвычайно компактны и выгодны по цене.

Сварные ПТО (рис. 5) – это надежное решение теплообмена для процессов



Рис. 2. Разборный пластинчатый теплообменный аппарат

с высокой температурой и давлением. Данные теплообменники нашли широкое применение в первую очередь в энергетике и нефтегазовой отрасли.

Все большее распространение получают полуварные (полуразборные) ПТО (рис. 6), где применяются модули, сва-



Рис. 3. Заводская сборка разборного пластинчатого теплообменного аппарата



Рис. 4. Паяный ПТО

ренные лазерной сваркой из двух теплообменных пластин.

Полусварные ПТО, которые, в частности, продвигает на российском рынке компания «Геа-Машимпэкс», применяются в технологиях, где недопустимо смешение двух сред (например, в аммиачных системах).

В ряде случаев, например при применении агрессивных сред или предельных производственных параметрах, использовать разборные теплообменники не удается из-за материала уплотнений. С разработкой сварных модулей появились новые возможности, учитывающие особенности производственных процессов, требования к охране окружающей среды и технике безопасности.

Замена уплотнений, контактирующих с агрессивными средами и средами с предельными параметрами, на сварные швы существенно повышает надежность и безопасность пластиначатого



Рис. 6. Сварной теплообменный аппарат

теплообменного аппарата. Применение таких теплообменников в качестве пароводяных подогревателей с температурой пара выше 150 °C снижает его стоимость на 5–15 %. При этом контакт уплотнений с высокотемпературной средой уменьшается на 90 %.

Теплообменники на основе двойных пластин сохраняют все преимущества разборных агрегатов и могут применяться как в холодильной технике для фреонов и аммиака, так и в технологических процессах для нагрева и охлаждения агрессивных сред, в химической, нефтехимической, нефтегазовой, металлургической, машиностроительной и многих других отраслях.

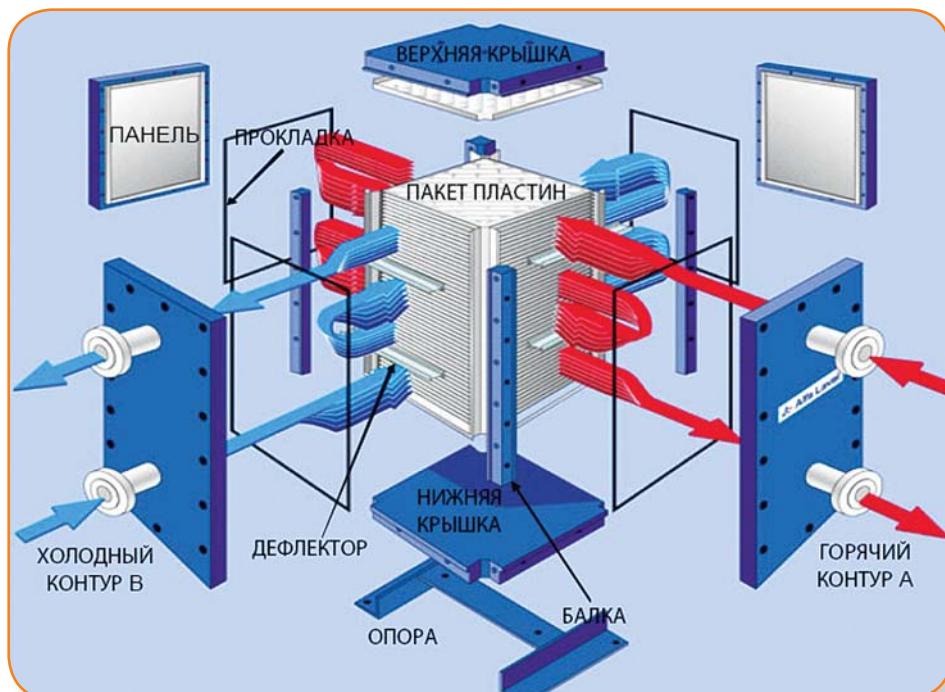


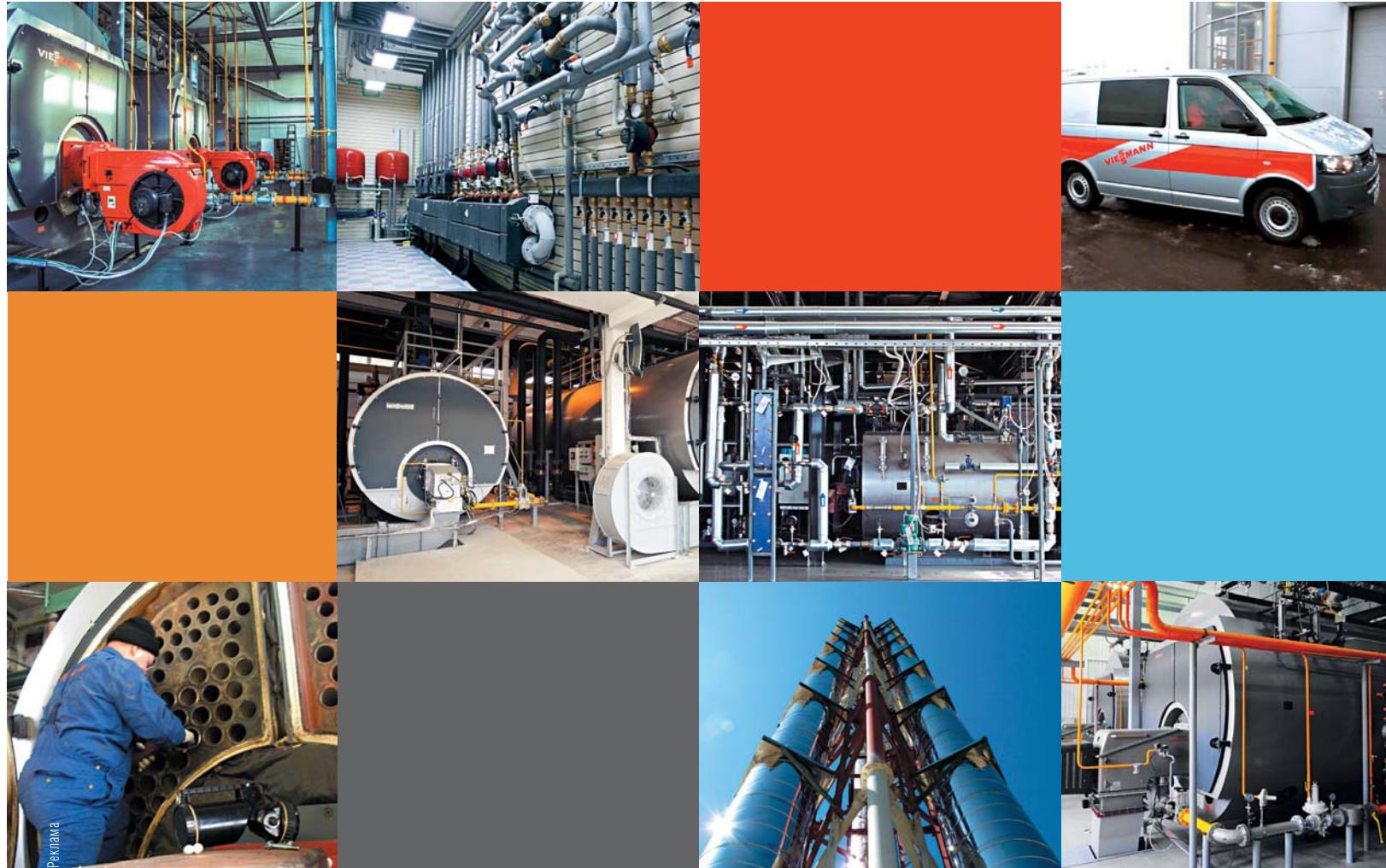
Рис. 5. Полусварной теплообменный аппарат из сварных модулей, объединяющих по 2 пластины в каждом

Преимущества пластиначатых теплообменников

Суммируя вышеизложенное, к преимуществам ПТО следует отнести:

- компактность;
- энергоэффективность;
- экономичность;
- возможность мобильной модуляции теплового режима;
- надежность в эксплуатации;
- простота и скорость монтажа;
- простая диагностика протечек;
- высокая ремонтопригодность;
- возможность быстрого наращивания мощности без значительных затрат.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ СЕРВИС "НА ВСЕХ ПАРАХ"

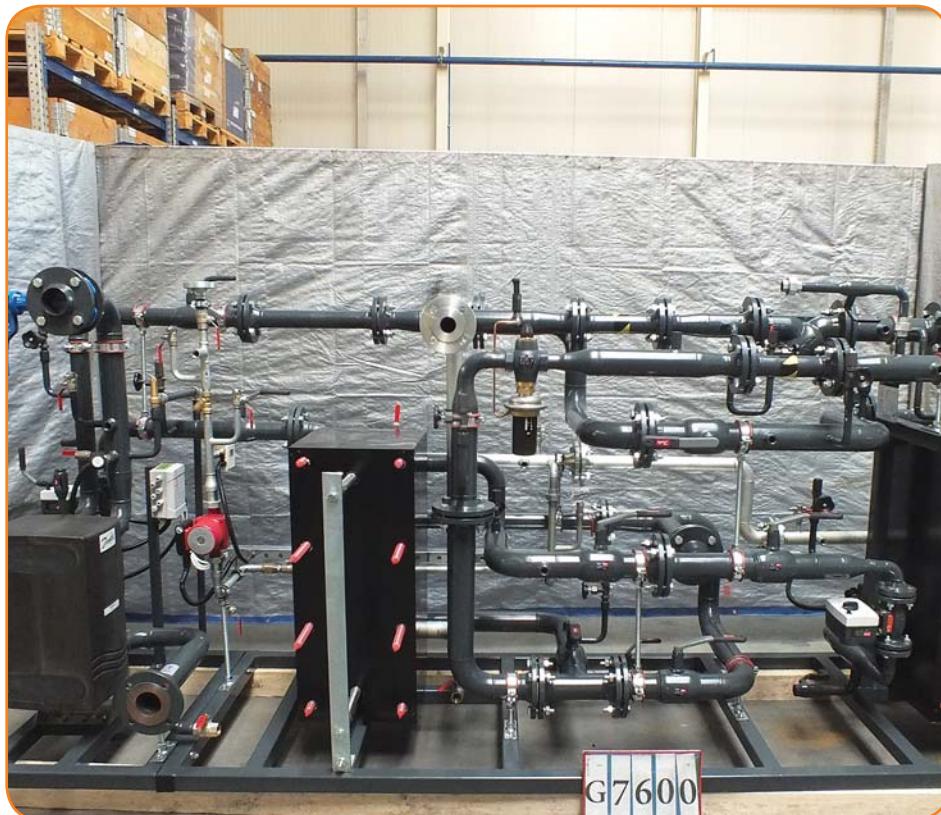


Концептуальные преимущества:

- Профессиональная команда, допуск СРО на выполняемые работы
- Обеспечение стандартных и расширенных гарантийных обязательств компаний
- Техническое сопровождение оборудования на всех стадиях его жизненного цикла
- Сотрудничество с сервисными партнерами
- Оказание сервисных услуг
- Охват всей территории Российской Федерации, плотное покрытие и оперативность
- Наличие собственного склада запчастей
- Телефонная доступность 24 часа в сутки, 365 дней в году
- Двухдневный выезд на первичный запуск котлов, проверка корректности монтажа, пробный запуск
- Конфигурация, настройка и обучение по свободно программируемых шкафов управления
- Выдача заключений и рекомендаций, экспертная оценка

Отдел продаж промышленного оборудования
ООО "Виссманн"
129337, г. Москва · Ярославское шоссе, 42
Тел.: +7 495 6632111 · факс: +7 495 6632112
www.viessmann.ru · www.viessmannrus.com

VIESSMANN
climate of innovation



Если рассматривать общемировые тенденции в сегменте теплоснабжения, то первое, что очевидно, – это снижение максимальной температуры, подаваемой от источника в тепловые сети. Разность температур между греющей и нагреваемой сторонами сокращается каждое десятилетие на несколько градусов. Это обусловлено износом генерирующих мощностей и тепловых трасс, желанием снизить коррозионные процессы в теплоэнергетическом оборудовании, внедрением возобновляемых источников энергии.

Теплообменные аппараты нового поколения

Снижение температурного графика неизбежно приводит к уменьшению среднелогарифмического температурного напора, который непосредственно влияет на тепловую мощность теплообменного аппарата.

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{\log},$$

где Q – тепловая мощность теплообменного аппарата; k – коэффициент теплопередачи; F – поверхность теплообмена; Δt_{\log} – среднелогарифмический температурный напор.

В этих условиях для сохранения тепловой мощности аппарата на прежнем уровне необходимо увеличивать поверхность нагрева или коэффициент теплопередачи.

Увеличение поверхности нагрева неизбежно влечет за собой удороожание

теплообменного аппарата и увеличение его габаритных и весовых характеристик. Именно поэтому вопрос интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах является все более актуальным в последние годы.

Инновационное решение для этого предложили инженеры компании «Данфосс». В теплообменниках под торговой маркой Micro plate задача максимальной интенсификации теплообмена реализована путем применения сферических углублений вместо традиционного шевронного рифления пластин.

Интенсификация теплообмена в теплообменных аппаратах

Развитие интенсификации теплообмена связано с организацией турбулентного режима течения жидкости в теплообменном аппарате. Как известно, режим те-

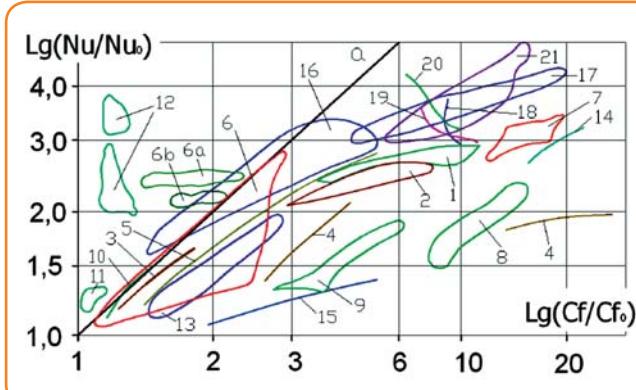


Рис. 1

чения обусловлен геометрическими характеристиками канала, скоростью тока теплоносителя и его кинематической вязкостью (число Рейнольдса). Можно сказать, что чем скорость тока выше, а поверхность обтекания сложнее, тем более вероятен турбулентный режим течения. Многие средства интенсификации теплообмена направлены на создание дополнительной турбулизации в канале течения теплоносителя. Одним из наиболее популярных способов является нанесение шероховатости на поверхности теплообмена. Основная проблема, которую необходимо решить инженерам, демонстрирует простейшая аналогия Рейнольдса.

$Nu/Nu_0 = Cf/Cf_0$, где Nu , Cf – число Нуссельта (безразмерный коэффициент теплоотдачи) и коэффициент трения на поверхности с интенсификаторами теплообмена; Nu_0 , Cf_0 – число Нуссельта и коэффициент трения на гладкой поверхности.

Данное уравнение показывает неразрывную связь между интенсификацией теплообмена и ростом гидравлического сопротивления.

Рассмотрим проблему снижения температурного графика на примере пластинчатого аппарата. Увеличение поверхности нагрева в теплообменном аппарате данного типа (сфокусируемся на разборных) можно осуществить навеской дополнительного пакета пластин в раму, но, как уже отмечалось ранее, это обеспечивает увеличение стоимости аппарата, а кроме того, снижение скорости тока в канале (при увеличении пакета пластин увеличивается проходное сечение каналов для теплоносителя, что снижает скорость тока и, как следствие, коэффициент теплопередачи в аппарате). То есть навеска пластин неэффективна, поэтому для пластинчатых аппаратов вопрос интенсификации теплообмена, возможно, стоит более остро, чем для аппаратов других типов. Что же может предложить классическая пластина с шевронным профилем с точки зрения теплообмена?

В настоящее время пластины данного типа практически исчерпали себя с точки зрения путей дальнейшей интенсификации теплообмена. Производители предлагают пластины с разным углом

рифления (обычно 2 угла рифления, которые могут в сумме составить канала 3-х и более типов) и разной глубиной штамповки для увеличения или заужения канала.

Однако сейчас, спустя более, чем 50 лет развития данного типа рифления, видны ограничения этого типа конструкции теплообменной пластины:

- наличие застойных зон в периферийной части пластины, трудно устранимых посредством использования распределительных площадок;
- большие механические напряжения в зоне контакта двух пластин, обусловленные формой шевронного рифления, которые приводят к необходимости увеличения толщины металлического листа и, как следствие, увеличению термического сопротивления между двумя теплообменывающимися средами;
- соотношение роста гидравлического сопротивления к росту коэффициента теплоотдачи не является оптимальным.

Необходимо искать новые поверхности нагрева, которые дадут большую возможность для оптимизации конструкции. Такое инновационное решение разработано и реализовано инженерами компании «Данфосс» в теплообменниках типа XGM.

Из результатов экспериментального анализа различных способов интенсификации теплообмена (рис. 1), приведенных в работе – С. А. Бурцев, В. К. Васильев, Ю. А. Виноградов, Н. А. Киселев, А. А. Титов «Экспериментальное исследование характеристик поверхностей, покрытых регулярным рельефом» (Наука и образование.– 2013.–№ 1.– С. 263–290), более всего нас интересуют области, помеченные следующими цифрами: 6, 6а, 6б – сферические углубления различной геометрии; 12 – сферические углубления (кипение); а – линия аналогии Рейнольдса.

Очевидно, наиболее оптимальным будет средство интенсификации, область экспериментальных данных которых находится над кривой аналогии Рейнольдса. Обычно подобные результаты показывают средства вихревой интенсификации теплообмена. Они позволяют

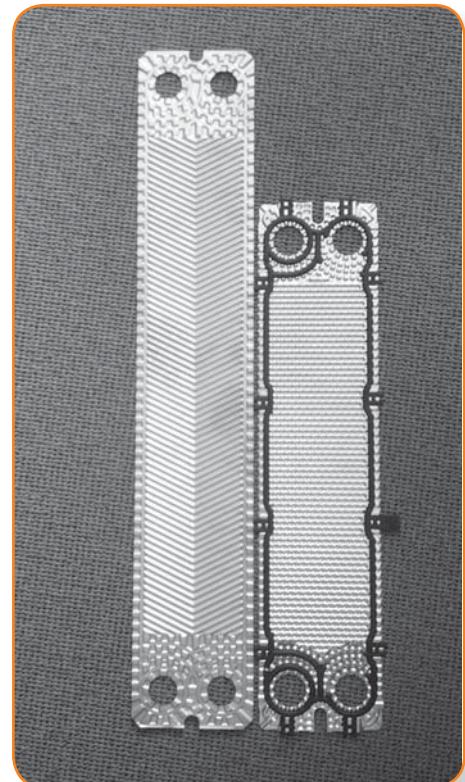


Рис. 2

существенно улучшить теплообмен при умеренном росте сопротивления. В ряде работ экспериментально установлено, что при использовании сферических углублений рост теплоотдачи не сопровождается типичным квадратичным увеличением гидравлического сопротивления. В данном случае существенному росту теплообмена соответствует практически равнозначный рост гидравлического сопротивления в отличие от прочих средств интенсификации, когда рост гидравлического сопротивления существенно опережает рост коэффициента теплоотдачи.

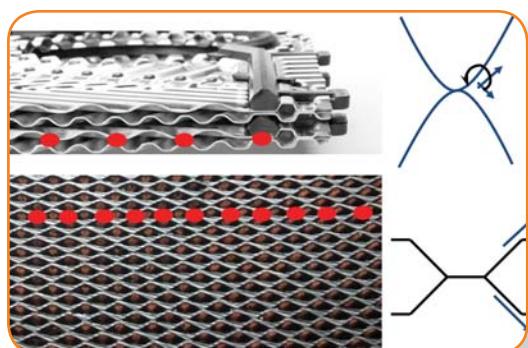


Рис. 3

Использование данной технологии в пластинчатых теплообменных аппаратах имеет большой потенциал, применение сферических углублений для рифления теплообменных пластин позволяет увеличить коэффициент теплопередачи без существенного роста гидравлического сопротивления и размеров теплообменника. Кроме того, появляется ряд дополнительных преимуществ.

Во-первых, возможность более гибкой настройки теплогидравлических характеристик пластины под конкретные условия работы. Сферические углубления представляют значительно больший уровень свободы в разработке пластин, так как переменной величиной могут являться глубина штамповки, относительный шаг расположения, тип расположения (шахматный, коридорный или комбинированный), форма углубления (сферическая, овальная и т.д.). Более сложная структура тока по пластине (рис. 2) позволяет осуществить увеличение эквивалентной термической длины пластины без физического увеличения ее длины.

Во-вторых, механическую прочность пластин можно повысить путем увеличения точек их касания между собой (чем больше сферических углублений на пластине сформировано, тем больше точек касания, которые будут находиться на вершинах углублений). Точки касания можно размещать относительно произвольно, увеличивая их количество там, где это необходимо. Кроме этого, контактные площадки можно делать плоскими, что реализовано в теплообменниках типа XGM компании «Данфосс» и способствует разгрузке пластины в зоне касания. При

плоских контактных площадках имеют место только нормальные напряжения (рис. 3), а не совокупности касательных и нормальных, как это происходит в точке касания округлых вершин шевронных профилей. Кроме того, за счет увеличения количества точек контакта силы, возникающие при касании двух пластин в пакете, распределяются на большую площадь, что уменьшает напряжения в металле в точке касания пластин, позволяя сделать ее более тонкой. Снижение толщины пластины приводит к уменьшению веса теплообменного аппарата, что особенно актуально при монтаже в стесненных условиях или при использовании аппаратов с большим пакетом пластин. Вес пакета пластин может быть до 30 % меньше, чем в случае с шевронным рифлением.

В-третьих, возможно более эффективное использование поверхности нагрева пластины за счет более равномерного протока теплоносителя. При использовании углублений вместо шеврона нет существенной зависимости гидравлического сопротивления от угла набегания, есть лишь обычная зависимость от длины траектории пробега объема теплоносителя. За счет этого гидравлические сопротивления основной линии тока и периферийной для пластины с углублениями практически идентичны и скорость на пластине более равномерна, без ярко выраженных минимумов и максимумов. Этот факт позволяет более эффективно использовать теплопередающую поверхность пластины. На рис. 4 условно приведено ядро потока, имеющее наибольшую скорость тока и, как следствие, наиболь-



Рис. 4

ший коэффициент теплоотдачи (синим цветом обозначено ядро потока на данной пластине, оранжевым – на пластине, установленной следующей за изображенной на рисунке). В зоне пересечения данных потоков (обозначена зеленым) коэффициент теплопередачи максимальен. Данное пересечение имеет значительно меньшую площадь у теплообменника с шевронной пластиной.

Кроме того, две пластины с дискретными шероховатостями (рис. 5) при соприкосновении образуют канал формы сопло-диффузор, что приводит к появлению теплообменной поверхности нового типа. Последовательность сопло-диффузор образует микропульсации потока, которые помогают эффективнее смыть загрязнения с пластины, что приводит к меньшим затратам при обслуживании теплообменного аппарата.

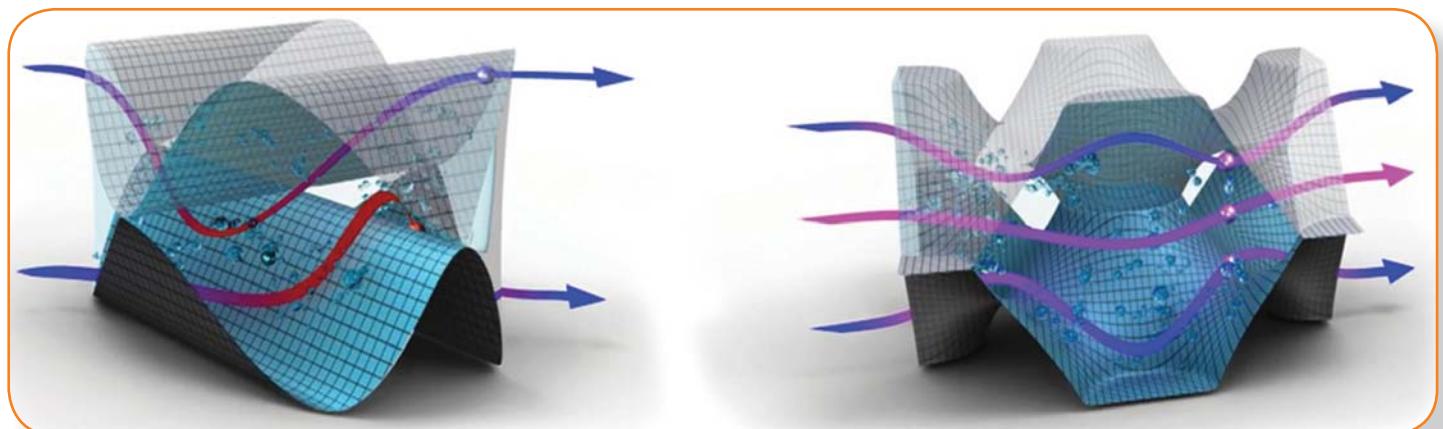


Рис. 5

Опыт применения аппаратно-программного комплекса «Топогаз-02» для оптимизации режимов работы квартальных котельных

А. Бельянский, О. Пономаренко, С. Сахаров, инж., ООО «Энергоконтроль»

Исторически сложилось, что в нашей стране наибольшая доля тепла для отопления жилых и промышленных зданий, а также их горячее водоснабжение обеспечиваются котельными, работающими на природном газе. Поэтому основное внимание уделяется именно газовым котельным, как наиболее распространенным. Однако, учитывая общность процессов при потреблении различных видов топлива (мазут, уголь и т.д.), можно смело распространить данный подход и на иные виды топлива. С этим связана острая необходимость разработки оптимальных методов их сжигания, при котором обеспечивается максимальная экономия энергетических ресурсов (природный топочный газ и электроэнергия) на производство единицы получаемого тепла.

Современные котельные, как правило, оснащены достаточно современной автоматикой для управления основными переходными режимами их работы: пуск, останов, кратковременные перерывы электроснабжения и т. д. То есть их главное предназначение – обеспечение безопасного и надежного функционирования.

Эффективность (экономичность) работы котельных, как правило, обеспечивается за счет периодической наладки котлов, при которой выставляются оптимальные параметры режимов работы при различных фиксированных условиях эксплуатации.

В дальнейшем при функционировании оптимальность параметров работы обеспечивается оперативным персоналом котельной, который в соответствии с постоянно меняющимися условиями эксплуатации (изменение температуры окружающего воздуха, режима отопления, состава работающего оборудования и т.д.) должен постоянно следить за функционированием котлов в соответствии с заранее построенными режимными картами. Однако здесь имеет место внутреннее неустранимое противоречие, так как каким бы аккуратным и образованным ни был опе-

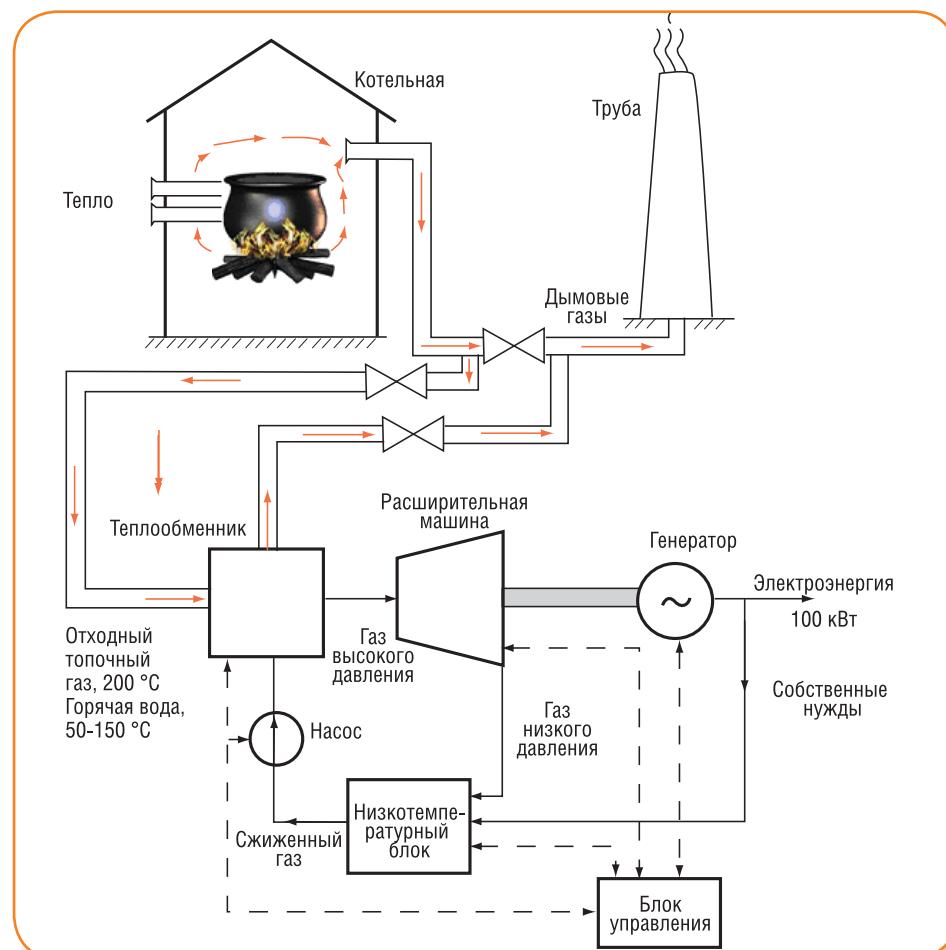


Рис. 1. Общая структура аппаратно-программного комплекса «Топогаз-02»

ративный персонал, он в принципе не может обеспечить идеальное поддержание оптимальных параметров режимов работы. Такое возможно только в случае наличия автоматизированной системы оперативного управления, когда в каждый момент времени в автоматическом режиме выполняется оптимальное управление. В связи с этим была поставлена задача разработать и испытать подобную систему, которая автоматически бы обеспечивала в каждый момент времени наиболее оптимальное управление работой котла и всей котельной в целом. О решении поставленной задачи и рассказывается в данной статье.

В качестве контролируемых параметров, по которым осуществлялась оптимизация работы котла, были приняты следующие данные (их количество и номенклатура определялись, исходя из разумной достаточности, а также доступности и простоты получения):

- давление топливного газа на входе в горелку;

- давление воздуха, подаваемого на горелку;

- разрежение в топке котла;

- содержание кислорода в отходящих дымовых газах.

В качестве управляющих воздействий были выбраны следующие:

- управление дутьевым вентилятором подачи воздуха в горелку через регулирование частотно-регулируемого привода (ЧРП), установленного на этот вентилятор;

- управление дымососом через регулирование ЧРП, установленного на нем.

При выборе управляющих воздействий для оптимизации режима работы прибора дополнительно учитывались параметры из его режимной карты, определенной заранее. Они задавались в виде набора дополнительных установок. Структурная схема разработанного аппаратно-программного комплекса представлена на рис. 1.

Прибор разработан на основе дальнейшего развития прибора «Топогаз-01», предназначенного для оперативного контроля отходящих дымовых газов котельных по кислороду (O_2), углекислому газу (CO_2) и окислам азота (NO_x). Он получил общее название – аппаратно-программный комплекс «Топогаз-02», его общий вид представлен на рис. 2.

После создания данного комплекса он был испытан в реальной котельной на паровом котле типа «ДКВр 10-13», Россия, установленном в котельной Подмосковья при сжигании природного газа с $Q_{H^0} = 8012 \text{ ккал/нм}^3$.



Рис. 2. Внешний вид АПК «Топогаз-02»

По зарегистрированным входным счетчиком электроэнергии в течение мая–июня 2015 г. были получены следующие данные:

- с 1 по 31 мая было потреблено 58 000 кВт·ч электроэнергии;

- с 1 по 14 июня (включительно) было потреблено 13 000 кВт·ч электроэнергии.

На основе этих данных возможно рассчитать суточную экономию электроэнергии по котельной.

По данным электропотребления за июнь месяц (с учетом работы АПК «Топогаз-02») определим суточное электропотребление, которое равно:

$$\Delta\mathcal{E}_{\text{пр}} = 13\ 000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/14 \text{ сут.} = 930 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

За 6 сут. мая, с 26 по 30, было потреблено (когда АПК «Топогаз-02» работал):

$$\Delta\mathcal{E} = 930 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 6 \text{ сут.} = 5\ 571 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Всего за май без отсутствия прибора было потреблено:

$\Delta\mathcal{E}_{\text{май}} = 58000 - 5571 = 52\ 430 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, что составляет в течение суток потребление без прибора

$$\Delta\mathcal{E}_{\text{б.пр}} = 52\ 430 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(31-6) \text{ сут.} = 2\ 097 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Таким образом, суточная экономия (самая минимальная) при включении прибора в работу составляет:

$$\Delta\mathcal{E}_{\text{сут.}} = 2\ 097 - 930 = 1168 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Суммарная экономия электроэнергии за год составит:

$$\Delta\mathcal{E}_{\Sigma} = 1168 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.} (365 - 21) \text{ сут.} = 401\ 800 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

что в денежном выражении при тарифе 4 руб./кВт·ч составит:

$$\Delta\mathcal{Z}_3 = 401\ 800 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 4 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч} = 1\ 600\ 000 \text{ руб.}$$

Таблица. Результаты эксперимента на коротком интервале времени

№ пп.	Дата	Суточное потребление природного газа, м ³	Включение АПК «Топогаз-02»
1	20.05.2015	7956	Нет
2	21.05.2015	7727	Нет
3	22.05.2015	7611	Нет
4	23.05.2015	7623	Нет
5	24.05.2015	7615	Нет
	Итого	38532 – 7706 (среднесуточное)	
6	28.05.2015	7296	Да
7	30.05.2015	7677	Да
8	31.05.2015	7047	Да
	Итого	22020 – 7340 (среднесуточное)	

Следует отметить, что это самая минимальная оценка экономии для котельной. Речь в данном случае идет о работе только одного котла в режиме горячего водоснабжения. С учетом того что в отопительный сезон работают как минимум два котла и с гораздо большей загрузкой (режим отопления и горячего водоснабжения одновременно), эта величина экономии электроэнергии будет гораздо больше.

При использовании ЧРП кривые напряжения (рис. 3) за ЧРП формируются искусственно с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Поэтому получаемые кривые напряжения оказываются значительно искажены и содержат большое количество высших гармоник в своем составе. Это также хорошо видно на кривых токов нагрузок до ЧРП, которые представлены на рис. 4. Однако установка дополнительных высокочастотных фильтров далеко не всегда оказывается актуальной. Конечно, дополнительные гармоники могут внести вклад в перегрев двигателя, но с учетом того, что нагрузка двигателя с ЧРП резко снижается, а напряжение на его вторичных зажимах значительно меньше номинального, эта перегрузка оказывается в пределах допустимой. Это подтверждается итогами проведенного эксперимента, когда рассматриваемые двигатели достаточно долго работали под управлением ЧРП, а их дополнительного нагрева, сверх нормально допустимого, не было зарегистрировано. И это при повышенной температуре окружающей среды (май–июнь).

Анализировалось потребление газа в течение 10 дней в конце мая с включенным АПК «Топогаз-02» и без него. Регистрировались только данные по суткам, в течение которых не было отключений электроэнергии в котельной, а значит, и не было перерывов в ГВС. Результаты представлены в таблице.

Согласно среднесуточным показаниям потребления газа уменьшение его потребления составит: $\Delta = (7706 - 7340) / 7340 \cdot 100 = 5\%$.

А сумма экономии от использования АПК «Топогаз-02»:

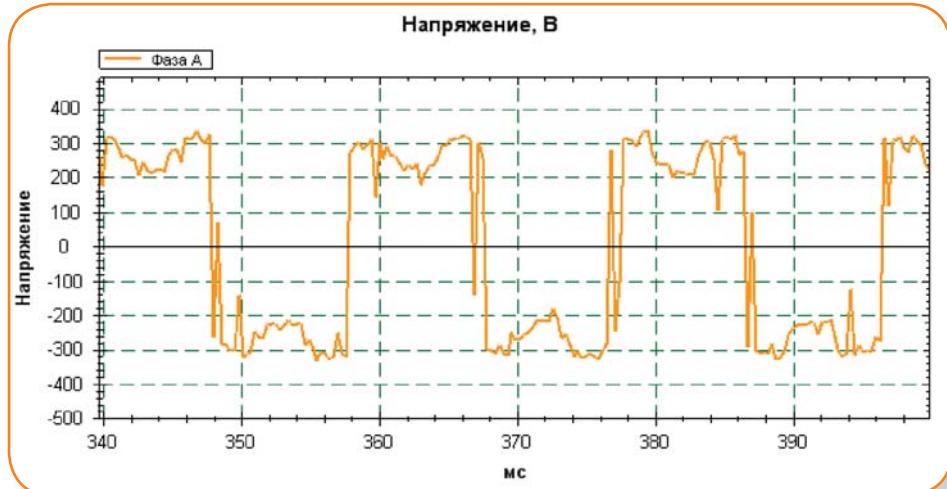


Рис. 3. Кривая напряжения на выходе ЧРП



Рис. 4. Гармонический спектр токов на участке от источника питания до ЧРП

$$\Delta Z_f = 4273602 \text{ м}^3 \cdot 0,05 \cdot 5,5 \text{ руб./м}^3 = 1175240 \text{ руб.}$$

Полученные результаты позволяют сделать обоснованное заключение о том, что использование аппаратно-программно комплекса «Топогаз-02» применительно к рассматриваемым котельным обеспечивает в течение одного отопительного сезона экономию энергоресурсов (электрическая энергия и топливный газ) в объеме более 2,0 млн рублей. При этом стоимость всех затрат на установку комплекса в котельной с учетом дисконта по банковскому кредиту не превышает 1 млн рублей единовременно. То есть окупаемость данного мероприятия составляет менее 0,5 года. С учетом возможности заклю-

чения энергосервисного контракта на несколько лет выгодность установки комплекса совершенно очевидна.

Заключение

Дополнительным достоинством предлагаемого решения по внедрению АПК «Топогаз-02» в практику работы котельных, помимо чисто экономических, являются следующие:

- отсутствие необходимости изменений в уже существующих системах автоматики котельных;
- совместимость практически с любыми системами АСУ котельных;
- значительное облегчение и упрощение работы персонала котельных.

Оптимизация процессов горения в твердотопливных котлах

М. Григорян

Многие предприятия и частные лица в связи с трудностями при подключении к магистрали природного газа сталкиваются с проблемой выбора альтернативного энергоносителя, наименее затратного по стоимости и обеспечивающего наибольший комфорт при его использовании. Безусловно, на сегодняшний день в России самое доступное по цене топливо – природный газ. Вторым по выгоде и удобству использования видом топлива являются деревянные пеллеты (от англ. pellets).

Пеллеты, или топливные гранулы, представляют собой спрессованные опилки цилиндрической формы. При их производстве используются отходы лесопильных, деревообрабатывающих, мебельных и сельскохозяйственных производств, такие как солома, луга подсолнечника, вишневые и оливковые косточки и т. д. Гранулы формируются под давлением 300 атм при высокой температуре, этого достаточно для фиксации их формы без добавления клея. В качестве связующего элемента при гранулировании выступает природный полимер лигнин, входящий в состав древесины. Некоторые недобросовестные производители для лучшего спекания гранул добавляют в сырье крахмал, муку злаков и даже костную муку, что может привести к разрушению топливосжигающей системы при сгорании подобного топлива. Длина пеллет в среднем составляет от 10 до 30 мм в длину и от 6 до 10 мм в диаметре.

В зависимости от качества материала, используемого для изготовления топливных гранул, и технологического процесса их производства выделяют три группы пеллет.

Белые пеллеты, относящиеся к топливу премиум-класса, изготавливаются из отходов древесного происхождения и предназначены для использования в топливосжигающих установках соответствующего уровня. Такой сорт получается при удалении коры деревьев перед гранулированием и отсутствии технологических нарушений в процессе сушки.

Темные, или индустриальные, пеллеты также являются деревянными, но уступают первой группе по качеству, так как в сырье при дроблении присутствуют кора и несгораемые земляные остатки.

Агропеллеты, как правило, изготавливаются из отходов шелушения различных семян, имеют самый темный цвет и являются дешевым топливом стандартного каче-

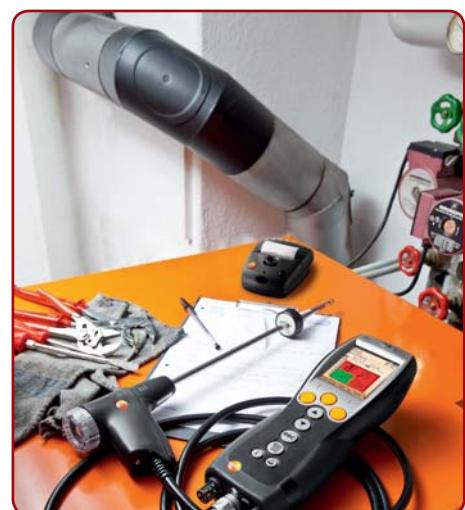
ства для больших промышленных котлов, выпускаемых производителями специально для этого вида твердого топлива.

Белые и индустриальные пеллеты имеют одинаковую теплотворную способность, равную 17,2 МДж/кг. У агропеллет она ниже и составляет 15 МДж/кг. Основным конкурентным преимуществом белых пеллет является низкая зольность (ниже 0,5 %) и низкие концентрации CO, NO и SO₂ в газообразных продуктах сгорания. Благодаря этому, очистку бытовых котлов можно производить один раз в месяц. Зольность индустриальных пеллет начинается от 0,7 %, а агропеллет – от 3 %.

Деревянные пеллеты используются для сжигания в пеллетных котлах и принадлежат к экологически чистому виду топлива, так как при их сжигании образуется столько же углекислого газа (CO₂), сколько при разложении древесины в естественных условиях.

Основой автоматизированной котельной, работающей на пеллетах, является котел с твердотопливной горелкой и загрузочным бункером для последующей автоматизированной подачи пеллет в котел по мере необходимости. Отопление на пеллетах только двумя этими элементами, безусловно, не ограничивается. Как и в случае с другими системами отопления необходимы коллекторы, конвекторы, разнообразная запорная арматура, группы безопасности и т.п. Автоматизированная пеллетная котельная в зависимости от конструктивных особенностей может работать без участия человека от одного дня до нескольких месяцев.

На современных пеллетных котлах устанавливаются горелки двух типов: ретортные и факельные. Ретортная горелка, или горелка объемного типа, представляет собой чашу, изготовленную из чугуна или жаропрочной стали. На ее поверхности и происходит горение. Розжиг пеллетных котлов с ретортными горелками



Необходимый прибор для настройки и обслуживания твердотопливных котлов

может осуществляться как с помощью тепловентилятора (вентилятора с электронагревательным элементом), так и вручную. Древесные гранулы подаются снизу, сквозь центр реторты, либо насыпаются сверху с помощью механизма подачи, оборудованного шнеком. Под зону горения подается первичный воздух, который продувает слой горящих пеллет. Этот воздух служит для подачи кислорода для розжига топлива и не позволяет поверхности реторты перегреваться. Для поддержания процесса горения через специальные отверстия в горелке или через воздушные отверстия в конструкции котла подводится вторичный воздух. Зола, которая образуется в процессе горения, сбрасывается с поверхности горелки поступающим новым топливом. По своей конструкции ретортные горелки подразделяются на подвижные и неподвижные. Подвижная реторта способна легко и эффективно сжигать топливо с высокой концентрацией золы и пыли, так как предотвращает образование «коржей» – продуктов спекания некачественного топлива. Неподвижные ретортные горелки подходят только для

сжигания качественного сухого подготовленного топлива. Они имеют две ступени мощности. Загрузочный пеллетный бункер выполнен в едином блоке с котлом и горелкой, поэтому его размеры невелики и часто для увеличения срока автономной работы котлов требуется дозагрузочное оборудование.

Факельные пеллетные горелки являются наиболее современными устройствами. По внешнему виду и принципу действия они похожи на газовые и дизельные вентиляторные горелки и, благодаря этому, могут быть установлены на любые котлы, приспособленные для использования навесных вентиляторных горелок. Таким образом, котел, работающий, например, на дизельном топливе, легко может быть переведен на работу с пеллетами. В факельных горелках горение пеллет происходит на специальной решетке с отверстиями (колононке), а топливо может подаваться собственным устройством. Розжиг гранул осуществляется тепловентилятором, как и в ретортных горелках. Основной вентилятор, дующий снизу решетки, где происходит сгорание пеллет, обеспечивает подачу необходимого количества первичного воздуха в соответствии с фактическим уровнем мощности горелки. Дополнительный вентилятор подает вторичный воздух через заднюю стенку камеры сгорания и поддерживает качество горения, соответствующее оптимальному содержанию дымовых газов для горения. Факельные горелки могут быть оснащены пневматической или механической системой самоочистки, управляемой контроллером горелки. Большим преимуществом факельной горелки по сравнению с ретортной является наличие у нее шести ступеней мощности, позволяющих намного реже работать в режиме «старт–стоп», что дает возможность продлить срок жизни топливосжигающего оборудования. Факельная горелка удобна в ремонте и при сервисном обслуживании. Например, достаточно открутить четыре винта, чтобы снять факельную горелку и заменить ее новой, что не так легко сделать с ретортной горелкой. Новейшие факельные горелки могут быть оборудованы GSM-модемом, который не только посылает различные SMS-сообщения пользователю, но и позволяет управлять работой котла с помощью специального программного обеспечения, устанавливаемого на смартфоне. Помимо этого, через GSM-модем горелка отправляет техническую информацию о своей работе на специальный сервер и сервисные инженеры, имея доступ к этой информации, могут корректировать его работу, не затрачивая

время на поездку к месту установки твердотопливного котла.

Современные пеллетные котлы являются дорогостоящим и сложным техническим оборудованием, которое нуждается в настройке и периодическом сервисном обслуживании. Для того чтобы оборудование оставалось в рабочем состоянии долгие годы, а количество потребляемого топлива при этом было минимальным, необходимо производить настройку качества горения в твердотопливных котлах с помощью газоанализатора. Она проводится после всех предварительных настроек, указанных в инструкции, и определения веса гранул (производительности шнека), которое вводится в память контроллера котла. Для достижения показаний в выбросах дымовых газов, указанных в инструкциях, на каждой ступени мощности горелки проводятся измерения газоанализатором, на основании которых регулируется подача количества первичного и вторичного воздуха, идущего на горение. В данном случае регулировка первичного воздуха – это грубая настройка, а вторичного – тонкая. Для осуществления контроля над выбросами дымовых газов в твердотопливных котлах, работающих на белых пеллетах, лучше всего подойдет анализатор дымовых газов testo 330-2 LL. Он оснащен тремя сенсорами O₂ (0...21%), CO (0...8000 ppm) и NO (0...3000 ppm). При настройке качества горения на пеллетных котлах значения концентрации угарного газа за считанные секунды могут превысить показание 10 000 ppm, которое перекрывает рабочий диапазон сенсора, что резко сокращает срок его эксплуатации и может привести к выходу из строя. Благодаря функции автоматического расширения диапазона измерений по каналу CO до 50 000 ppm, которая позволяет проводить замеры вне диапазона измерения сенсора, защищая его от выхода из строя при избыточных концентрациях, в работе с testo 330-2 LL высокие концентрации CO не являются проблемой. При осуществлении измерений лучше воспользоваться специальным комплектом адаптера для измерения твердого топлива, который надежно защитит тракт дымовых газов анализатора от пыли и сажи. Комплект адаптера состоит из трубки-зонда с предварительным фильтром и шлангом со встроенным конденсатосборником, имеющим собственные фильтры.

Настройка и обслуживание промышленных твердотопливных котлов, работающих на индустриальных и агропеллетах, будет наиболее удобна с анализатором testo 340. В процессе регулировки в дымовых газах будет присутствовать SO₂, разрушающий



Распечатка данных на скоростном принтере, измеренных анализатором



Анализ дымовых газов с помощью testo 330-2 LL

топливосжигающую систему изнутри, и диапазон концентрации CO может превышать 30 000 ppm. В этом случае testo 340 оснащен четырьмя сенсорами O₂ (0...21 %), CO (0...10 000 ppm), NO (0...3 000 ppm) и SO₂ (0...5 000 ppm). Функции автоматического расширения диапазона измерений по каналу CO до 50 000 ppm позволят избежать выхода из строя сенсора. К testo 340 можно также подключить комплект адаптера для использования твердого топлива, что обеспечит дополнительную защиту газоанализатора от пыли и сажи во время настройки топливосжигающей системы. Дополнительное удобство работы с газоанализатором testo 340 обеспечивает бесплатное ПО TestoDroid, устанавливаемое на смартфон или планшет на операционной системе Android, которое позволяет настраивать оборудование одному пользователю, даже когда органы управления горелки и точка забора пробы анализатора находятся на значительном расстоянии друг от друга. TestoDroid обеспечивает возможность получения данных измерений и управления газоанализатором на расстоянии до 10 м по каналу Bluetooth.

Оптимизация процессов горения в твердотопливных котлах с помощью газоанализатора является одним из обязательных условий для продления срока эксплуатации топливосжигающего оборудования и экономии расходов на топливо.

Применение дутьевых горелок в вертикальных котлах наружного размещения

А.Сердюков, генеральный директор ООО «НПО «Верхнерусские коммунальные системы»

Как известно, дутьевые горелки являются универсальным средством для качественного сжигания газообразного и жидкого топлива. Однако их применение ограничивается определенными условиями, так, например, диаметр и длина топки котла должны быть не менее, указанных на графике (рис. 1) каталога «Теплотехническое и отопительное оборудование» под редакцией академика С. Е. Беликова (библиотека «Аква-Терм»).

Фронт пламени дутьевых горелок, применяемых в котлах наружного размещения некоторых производителей для соответствующих мощностей, выглядит следующим образом:

- мощностью до 70 кВт (рис. 2);
- мощностью до 190 кВт (рис. 3);
- мощностью до 290 кВт (рис. 4);
- мощностью до 500 кВт (рис. 5).

Очевидно, что подобное грубейшее нарушение правил проектирования топок вертикальных жаротрубных котлов наружного размещения имеет негативные последствия.

Во-первых, кратное снижение срока службы котлов из-за перенапряжения металла топки котла напротив дутьевой горелки.

Вторым негативным последствием применения современных дутьевых горелок ведущих европейских производителей является невозможность работы этих горелок при температуре наружного воздуха ниже -15°C , что прямо указано в паспортах на дутьевые горелки. Заказчик, используя котлы наружного размещения с дутьевыми горелками, может оказаться без тепла в самые сильные морозы. Зимы в России суровые.

Третьим негативным последствием применения дутьевых горелок в вертикальных котлах наружного размещения являются частые остановки и пуски дутьевых горелок, что также уменьшает срок службы котла, так как этот срок прямо зависит от числа остановок и запусков его в работу. Особенно часты эти остановки в летний период

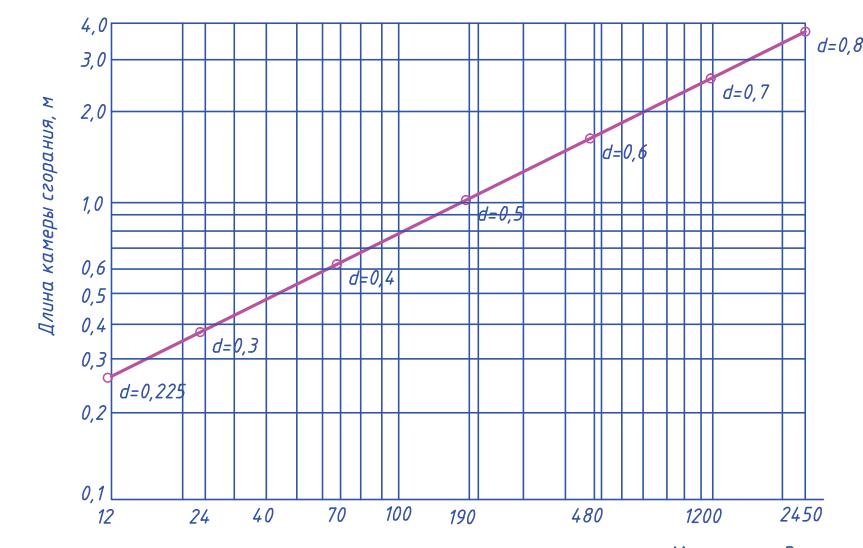


Рис. 1

d – диаметр камеры сгорания, м.

при использовании котлов наружного размещения с дутьевыми горелками для горячего водоснабжения.

Выдающийся русский инженер В.Г. Шухов не рекомендовал применение горелок фронтального типа в топках вертикальных котлов, так как глубина топки недостаточна для нормального развития факела.

В.Г. Шухов применял для защиты металла топки котла напротив фронта пламени горелки горку из битого шамотного кирпича (рис. 6). Современные лже-Шуховы преследуют только одну цель – получение наживы, выпускают поддельную некачественную продукцию и не несут за это никакой ответственности.

Котлы наружного размещения (авторы А.М. Сердюков, А.А. Сердюков) были созданы для полной ликвидации потерь в теплопрессах, зданиях котельных, уменьшения трудоемкости производства тепла. Однако, например, в Ростовской области при переводе котельных с твердого топлива на газовое котлы наружного размещения устанавливаются за стеной здания старой котельной, так как монтажникам проще «сдать» их в эксплуатацию. Мощность котлов увеличивают в 2 раза за счет установки дутьевых горелок, при этом сохраняются старые тепловые сети с их потерями, а также насосное оборудование с мощностью их в 3–4 раза большей, чем, если бы котлы

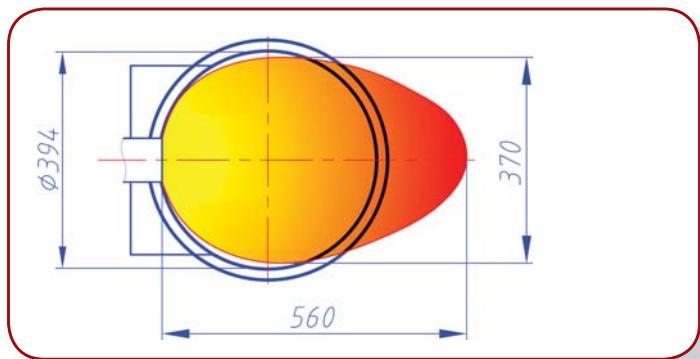


Рис. 2

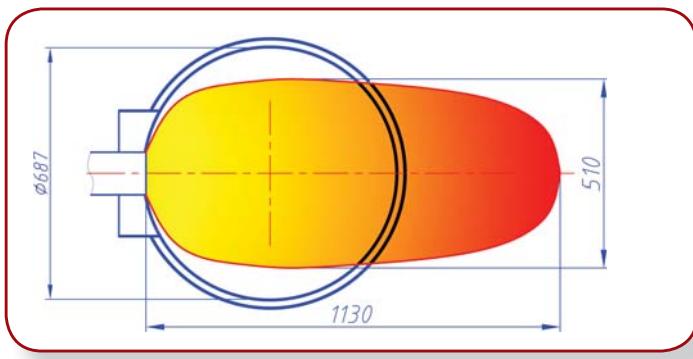


Рис. 4

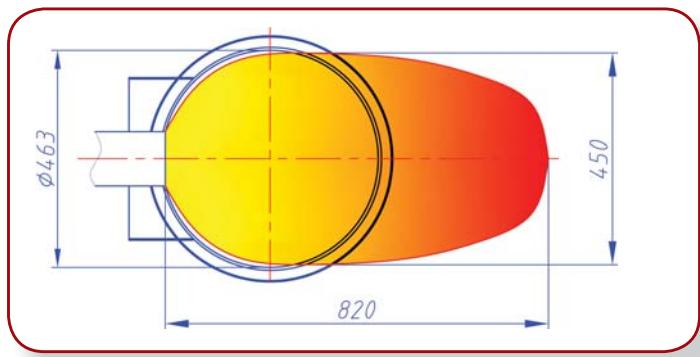


Рис. 3

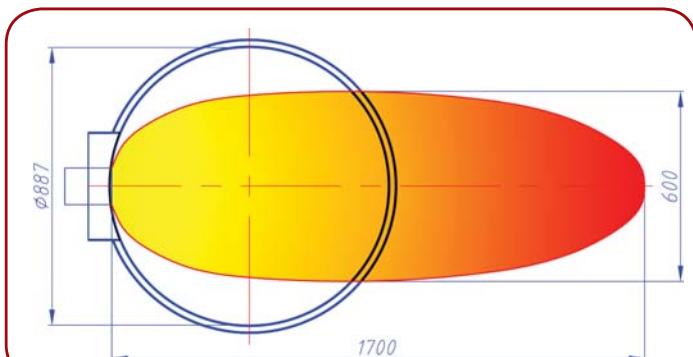


Рис. 5

устанавливались возле стены отапливаемого здания. Срок службы котлов уменьшается минимум в два раза, что ложится тяжким экономическим бременем на будущих пользователей.

Котлы наружного размещения КСУВ производства ООО «НПО Верхнерусские коммунальные системы» лишены недостатков котлов наружного размещения с дутьевыми горелками, работают при температурах до -45°C , оснащены модулируемыми атмосферными горелками из нержавеющей стали, терморегуляторами с погодной компенсацией, приспособлены для комбинированной системы циркуляции теплоносителя, оснащены безреагентной системой водоподготовки, снабжены устройством для слива теплоносителя при угрозе размораживания системы отопления. Котлы должны размещаться возле стены отапливаемого здания, а не возле стены старой котельной. Искажается смысл применения котлов наружного размещения, экономический эффект уменьшается. Такая практика неэффективна и пагубна.

Применение вертикальных котлов наружного размещения с дутьевыми горелками целесообразно только при использовании жидкого топлива, био-

топлива, отработок сланцевого масла, при этом необходимо строго выполнять рекомендации производителей горелок по проектированию топок котлов, не увлекаться увеличением мощности котлов, принимать меры по защите металла топки котла напротив дутьевой горелки.

К сожалению, создание автономных систем отопления на базе котлов наружного размещения сопровождается грубейшими нарушениями на всех этапах производственного цикла – задание на проектирование, проектирование, государственная экспертиза, монтаж, пусконаладка, эксплуатация. В результате появляются автономные системы отопления, предназначенные только для аварийной эксплуатации.

Необходима профессиональная переподготовка специалистов – всех

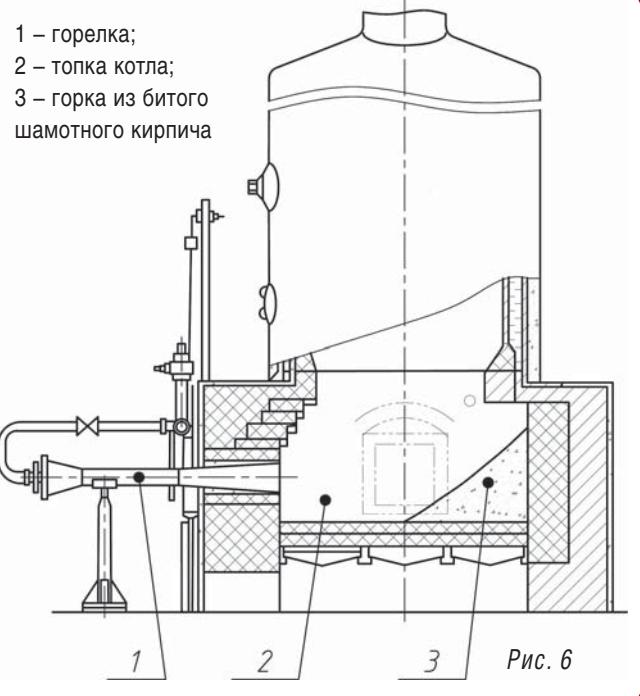


Рис. 6

участников создания автономных систем отопления и горячего водоснабжения. Этим должны заниматься СРО в своих учебных центрах. НПО «Верхнерусские коммунальные системы» также готово принять участие в их переподготовке.

Строительство, реконструкция и эксплуатация котельных и технологических линий промышленных предприятий

Повышение энергоэффективности промышленных и отопительных котельных средней мощности (от 0,3 до 5 МВт) обусловлено внедрением современных средств контроля и автоматики для расхода топлива строго по потребностям и организацией профессионального сервиса, способного не только своевременно проводить регламентные работы, но и диагностировать возможные неисправности на ранних стадиях, тем самым гарантируя надежную бесперебойную работу котельной.

В практике газификации промышленных и коммунальных котельных Московской области и Москвы нередка ситуация, когда при обращении в организацию поставщика/транспортировщика газа за техническими условиями предприятие оказывается лишено маневра в вопросе выбора генподрядчика для проведения проектировочных, монтажных и пусконаладочных работ. Для этих целей рекомендуются определенные организации, с которыми уже наложен процесс согласования, получения и оформления исходно-разрешительной документации и пр. Но предприятию может быть невыгодно сотрудничество с такими партнерами: подрядчик, к которому директивно рекомендовано обратиться, может не иметь достаточного опыта в проведении монтажа и пусконаладки, может работать только с определенными марками оборудования. Это или устаревшие образцы отечественного производства, к которым привыкли проектировщики рекомендованной сверху фирмы, или, наоборот, дорогостоящее западноевропейское оборудование, которое активно продвигается проектными организациями и которое стоит, во-первых, в 2–3 раза дороже аналогов, а во-вторых, может не подходить заказчику по ряду технических соображений. Наконец, у такого навязанного генподрядчика может быть очень узкая зона ответственности, когда фирма, например, только проектирует систему газоснабжения (а нередко и предлагает готовую типовую схему), а по вопросам монтажа и пусконаладки советует обратиться в другую компанию. Или когда организация позиционирует себя как строительно-монтажная, берет на себя выполнение обязательств по про-

ектированию, монтажу, вводу в эксплуатацию и сервису котельных установок и горелочных устройств, заявляя о себе как о компании, осуществляющей строительство газовых котельных «под ключ», но не участвует в решении вопросов подключения к газовым сетям и не отвечает за надежную работу газовых счетчиков и манометров, корректоров объема газа и пр.

Заказчик, строитель и проектировщик в конечном итоге в значительной степени влияют на многие технические и финансовые составляющие успешной сдачи и эксплуатации построенного объекта газоснабжения или газопотребления. При этом своевременная сдача и дальнейшая безаварийная эксплуатация построенного объекта невозможны без выполнения силами одной компании следующего ряда услуг:

1). Предпроектные консультации, анализ получения и согласование «исходно-

разрешительной документации» на строительство или модернизацию.

2). Индивидуальная разработка функциональной схемы работы и выбор газового и вспомогательного оборудования котельной или системы газоснабжения промышленных технологических линий (позволяет своевременно найти оптимальное техническое решение, свести к минимуму риски запуска в эксплуатацию завершенного объекта).

3). Контроль проектировщиков на этапе выбора оборудования и согласование его параметров – «стоимость–качество» с заказчиком (исключает ошибки проектировщиков, изменения и повторные пересогласования выполненного проекта на этапе строительства).

4). Консультации и согласования на этапе выполнения проекта с надзорными структурами порядка и этапов приема смонтированного объекта в эксплуатацию (позволяет уложиться в календарные сроки, определенные заказчиком). На этом этапе учитываются в первую очередь производственные интересы заказчика и ведется совместный диалог, а также поиск приемлемых решений в таких вопросах, как стоимость, энергоэффективность и безопасная надежная эксплуатация газового оборудования.

5). Закупка и поставка основного и вспомогательного оборудования для котельных и систем газоснабжения технологических линий промышленных предприятий.

6). Сборка и монтаж оборудования, включая контрольно-измерительные приборы и автоматику (например, подключение шкафов автоматического управления на базе свободно-программируемых контроллеров как российского («Контар



МЗТА», «ОВЕН ПАК» и др.), так и зарубежного производства («Хента», «Сименс Лого» и пр.) с составлением для них проектов работы под каждую систему индивидуально).

С началом выполнения строительно-монтажных работ начинается последовательное, с соблюдением всех норм и правил оформление исполнительно-технической документации. Для того чтобы газовая котельная или технологическая линия промышленного предприятия могла считаться «сданной под ключ», желательно, чтобы после окончания строительства и сдачи объекта в эксплуатацию компания, осуществлявшая эти работы, обеспечивала:

- техническое сервисное обслуживание смонтированных объектов, отдельного газового оборудования и газопроводов (ШРП, ГРП, ГРУ);
- обслуживание котловой автоматики безопасности, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики (КИП и А) технологических линий производств;
- ремонт и сервисное обслуживание счетчиков газа, газовых корректоров и манометров;
- автоматизацию процессов учета газа;
- метрологическое и сервисное обслуживание узлов учета газа (УГГ).

Строительство котельной и модернизация существующего котельного оборудования только тогда могут считаться выполненными «под ключ», когда подрядчик берется за проектирование и реализацию всего проекта в целом, в комплексной увязке технических, экономических и организационных вопросов, т. е. параллельно обходит все инстанции, получает технические условия, разрешения и согласования. Именно такой компанией, одной из немногих в Московском регионе, является научно-производственное предприятие «КИП-Контроль», которое уже 15 лет занимается вопросами газификации промышленных объектов, имеет огромный опыт в проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию газовых котельных, сетей газоснабжения и газораспределения. Организацией реализовано множество проектов как в сфере реконструкции старых котельных, так и в создании новых, в том числе БМК. Более 200 промышленных предприятий Москвы и Московской области сотрудничают с НПП «КИП-Контроль», осуществляющим сервисное обслуживание котельных (поддержание рабочих параметров котельного оборудования, функционирование

автоматики безопасности и пр.), техническое обслуживание узлов учета газа (проверка и ремонт счетчиков газа, корректоров объема газа, газовых манометров, автоматизация процессов учета газа и пр.). Такой подход (и такой успех) во многом обусловлен логикой заказчика, которому предпочтительнее иметь дело с одной стороной, отвечающей одновременно:

- за проектирование;
- за монтаж системы;
- за работу не только основного газового, но и вспомогательного оборудования;
- за приборы учета газа и АСУ ТП котельной (включая котельную автоматику безопасности), вместо того, чтобы по каждому из этих участков ответственности приходилось звонить отдельной фирме в случае возникновения неисправности.

Ведь еще не факт, что в случае разделения зон ответственности проблема была бы решена: например, при несоответствии работы горелочного устройства требуемым параметрам сторона, отвечающая за монтаж и эксплуатацию котельного и горелочного оборудования, вполне может сослаться на сторонние причины и не станет искать возможную неисправность, поскольку проблемы якобы вне зоны ее ответственности. Или при нарушениях в работе газового оборудования обслуживающая организация может переложить ответственность на организацию, осуществлявшую ранее монтаж системы газоснабжения и газораспределения.

Таким образом, комплексный подход к организации газоснабжения промышленных и коммунальных котельных усилиями одной фирмы, включающий проектирование и монтаж системы, пусконаладку и согласование подключения в надзорных органах, выполнение регламентных сервисных работ в процессе эксплуатации, является наиболее целесообразным решением как при строительстве новых, так и при модернизации старых водогрейных котельных.

Сегодня НПП «КИП-Контроль» оказывает широчайший спектр услуг по строительству и модернизации промышленных и коммунальных котельных, газопроводов, газораспределительного оборудования и узлов учета газа на базе ведущего



оборудования российского и зарубежного производства. При этом НПП «КИП-Контроль» предлагает своим заказчикам гибкий подход, т. е. возможность подобрать все необходимые компоненты системы с наименьшими финансовыми затратами. Действуя в экономических интересах заказчика, предприятие может подобрать сравнительно недорогое оборудование, не уступающее ведущим рыночным образцам по надежности и эффективности. Будучи современной, постоянно развивающейся компанией, научным предприятием в полном смысле этого слова, НПП «КИП-Контроль» постоянно занимается разработкой и оптимизацией систем в целях повышения их энергоэффективности, участвует в ведущих научных мероприятиях в своей области (конференциях, семинарах, форумах), что позволяет предлагать проверенные, действительно инновационные решения по приемлемой цене и осуществлять качественный «КИП-Контроль» в период их эксплуатации.

142717, Московская обл.,
Ленинский р-н, п. Развилка.
Административное здание «МГПЗ».
Тел.: 8 (498) 657-48-06, 8 (498) 657-47-76,
8 (499) 951-49-29
Моб.: 8 (926) 920-52-82, 8 (926) 920-38-78,
8 (926) 920-30-95
Email: kip-kontrol@yandex.ru
www.kip-kontrol.ru

I.VAR Industry – КОТЛЫ НАИВЫСШЕГО КАЧЕСТВА



Компания «ИВАР промышленные системы», официальный представитель итальянского производителя промышленных котлов I.VAR Industry S.r.l. на территории России, предлагает полную линейку котлов этой марки, а также вспомогательное оборудование, необходимое для создания котельных. Продукция I.VAR привлекает заказчиков как высоким качеством, так и возможностью получить энергоэффективное оборудование, оптимальное по стоимости.

Производство жаротрубных водогрейных и паровых котлов – сложный и трудоемкий процесс, требующий не только парка современных высокотехнологичных станков, но и высочайшей квалификации инженеров-технологов, операторов производственных линий, монтажников, резчиков и других специалистов. Не в последнюю очередь качество конечной продукции, т. е. возможность долгой высокоэффективной работы котла, зависит от качества металла и сварных швов, а также автоматизации рабочих процессов в энергостановке.

В связи со всемирной глобализацией и стиранием границ в Европейском союзе поставка металла для любого производителя осуществляется по одним и тем же контрактам и с одних и тех же сталелитейных заводов для всех производителей котлов. Поэтому качество поставляемого металла на завод I.VAR INDUSTRY S.r.l. удовлетворяет самым жестким требованиям. Как и другие ведущие европейские и мировые производители котлов, I.VAR INDUSTRY S.r.l. имеет полный цикл их производства, начиная с полностью автоматизированного склада листового металла на 396 мест и заканчивая лабораторией испытаний готовой продукции. Цех резки металла включает:

- станки лазерной резки с цифровым контролем для резки стального и нержавеющего листа толщиной до 25 мм в комплекте с автоматической системой загрузки/разгрузки LiftMaster;

- дыропробивной пресс с автоматической системой загрузки/разгрузки LiftMaster;

- машину комбинированной резки HT2000 с автоматической системой загрузки/разгрузки LiftMaster для резки листов толщиной до 30 мм и многие другие передовые станки и устройства.

Гибочный цех также представлен новейшим высокотехнологичным оборудованием: это автоматический гибочный

станок с цифровым контролем для сгиба панелей и кожухов изделий, машина автоматического сгиба длиной 14 м для работы с листами толщиной до 30 мм и полная линия оборудования для сгиба листового металла. Цех сварки оснащен новейшими автоматическими сварочными аппаратами последнего поколения для сварки деталей любой сложности.

Гидравлические испытания оборудования проводятся в течение 24 ч в собственной лаборатории. Это является скорее исключением из правил: обычно испытания проводятся всего несколько часов, после чегодается заключение огодности котла к эксплуатации. Кроме того, испытания подвергается вся система котла в сборе, включая насосную группу, навесное оборудование и соединительные трубопроводы. На гидравлических испытаниях присутствует независимый эксперт международной экспертной организации, что тоже является критерием серьезного отношения производителя к качеству выпускаемой продукции.

Система качества, внедренная на всех уровнях производства (с контролем по времени, с тщательными проверками отдельных узлов и компонентов), – принципиальное звено в стратегии компании. Сегодня I.VAR INDUSTRY S.r.l. может предложить самому искушенному заказчику котлы и дополнительное оборудование наивысшего качества, абсолютно ничем не уступающие мировым лидерам котлостроения как в экономии энергии, так и в соблюдении требований по защите окружающей среды. Современная конструкция котла, качественное навесное оборудование и арматура таких известных марок, как ARI Armaturen, GESTRA, KSB, DANFOSS, GRUNDFOS и др., позволяют достигать высокого КПД и сохранять высокие эксплуатационные характеристики и безаварийную работу в течение всего срока службы.

Как партнер I.VAR.INDUSTRY является компанией точной и пунктуальной в



ежедневном общении с клиентом; представляя высокотехнологичные решения, соответствующие существующим международным нормам, компания использует гибкий подход в проектировании и реализации энергообъектов. По желанию заказчика возможно комплексное решение задачи, включающее полную автоматизацию системы, механическое и электрическое соединения всех ее компонентов, комплексные испытания на заводе с выдачей общего сертификата соответствия для упрощения согласования с надзорными органами. За счет полного цикла производства сроки изготовления любой, даже самой сложной продукции, минимальны.

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

ООО «ИВАР промышленные системы»
125130, Москва, ул.Клары Цеткин, д.33/35
тел.: (495) 669-58-94, www.ivar-industry.ru



Официальный представитель итальянских котлов в России



Компания I.VAR. – производители высококачественных котлов бытового и промышленного назначения. Более 50 лет компания производит промышленные котлы и котлы отопления различных моделей и мощностей, что позволяет удовлетворять запросы каждого конкретного Клиента. Компания способна предоставить своим Клиентам высокотехнологичные решения задач, как в области проектных разработок, так и при производстве, постоянно поддерживая связь с Клиентом и уделяя должное внимание вопросам энергоэффективности и охране окружающей среды в соответствии с международными стандартами.

Основной задачей является контроль качества с обязательным и постоянным его сохранением на всех уровнях – тщательной проверкой эксплуатационной надежности промышленных и отопительных котлов при производстве, эффективным послепродажным сервисом и плановым техническим обслуживанием.

Компания I.VAR. находится в Италии и является организацией с высококвалифицированным персоналом, всегда готовой к сотрудничеству и решению поставленных задач. Компания работает по всему миру через свои представительства и надежных партнеров.

Реклама



ООО «ИВАР промышленные системы»
Официальный представитель I.VAR industry S.r.l. в России
125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33/35
Тел.: (495) 669-58-94,
e-mail: info@ivar-industry.ru
www.ivar-industry.ru

Обеспечение паром предприятий пищевой промышленности

Е. Бондаренко, ЗАО «ВАПОР», официальный дистрибутор CLAYTON



В молочной и мясоперерабатывающей промышленности пар находит самое широкое применение. Большие объемы его потребления и высокая стоимость обуславливают необходимость снижения затрат как на генерацию, так и на доставку пара потребителям. Ввиду этого большинству предприятий наиболее выгодно использовать компактные высокоеффективные парогенераторы Clayton, способные работать прямо на производстве.

В мясоперерабатывающей промышленности качественный пар требуется на линиях по изготовлению копченых колбас и мясопродуктов, в процессе разморозки мяса, для подачи пара в технологические печи, при термической обработке, консервации и вакуумной укупорки; при санитарной обработке рабочих столов и холодильного оборудования; при дезинфекции рабочих весов и дозаторов; при чистке движущихся частей и механизмов различного оборудования, как то: роликов, сальников, конвейерных лент; при удалении жира и масляных загрязнений с электрических выключателей, щитков и панелей, при чистке и дезинфекции рабочих мест, воздуховодов, моющего оборудования. В пищевой промышленности качественный пар также используется практически во всех производственных процессах.



АО «Orhei-Vit» – мировой производитель соков и детского питания, Молдова. Котельная с 5-ю котлами Clayton SEOG-304, суммарная производительность 23,5 т/ч

Обеспечить цех на производстве необходимым количеством пара можно либо с помощью автономного парогенератора (парового котла), либо путем присоединения к централизованной сети. При выборе варианта с сетью, помимо растущих тарифов по оплате услуг поставщика, у предприятия могут возникнуть проблемы, связанные с нерегулярностью подачи пара и несоответствием его параметров установленным технологическим требованиям. Покупка парогенератора Clayton исключает подобные проблемы, позволяя значительно уменьшить затраты, гарантируя стабильность подачи пара и его соответствие всем нормам, обеспечивая необходимые условия для выпуска высококачественной мясной и молочной продукции.

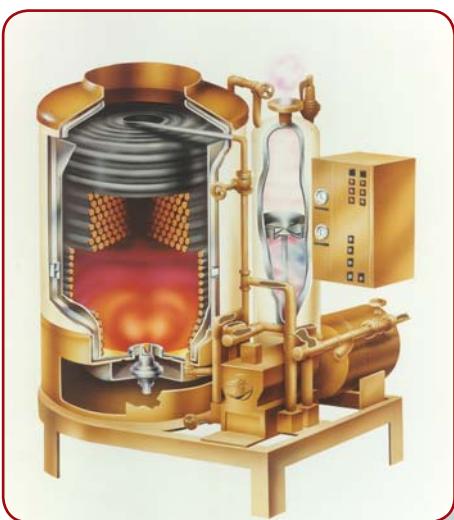
Компактные высокопроизводительные парогенераторы Clayton выпускаются на заводе Clayton Industries в Бельгии. Горелочное устройство, питательный насос, сепаратор пара выпускаются специально под каждую модель парогенератора. Паропроизводительность моделей составляет от 0,15 до 30 т/ч, рабочее давление – от 8 до 150 бар и выше (по специальному заказу). Температура перегрева пара – до 450 °С от температуры насыщения. По запросу возможна поставка агрегатов с большей температурой перегрева. Безопасная



Биофармацевтическая компания Pfizer в UK. 2 x SEG-404 (2 x 6263 кг/ч)

конструкция парогенератора исключает возможность возникновения аварийной ситуации или взрыва.

Принудительная циркуляция питательной воды, создаваемая высокотемпературным диафрагменным питательным насосом Clayton от верхней точки входа до выхода внизу змеевика, направлена навстречу потоку дымовых газов, отходящих от горелки. Это формирует исключительно эффективную поверхность теплообмена и высокий КПД агрегатов. На выходе из парогенератора контролируется пароводяная смесь, содержащая около 20 % воды, которая позволяет избегать образования отложений внутри змеевика и уносит соли вместе с водой в сепаратор. В



сепараторе вода отделяется, и на выходе получается высококачественный пар 99,5 % сухости, который применяется в том числе в пищевой промышленности с непосредственным контактом с сырьем. Продувка осуществляется из сепаратора пара. Благодаря принудительной циркуляции, одноходовые парогенераторы менее требовательны к качеству питательной воды, чем жаротрубные котлы.

Процент продувки варьируется в пределах 1–3 %. При продувке сливается котловая вода с высоким солесодержанием. Продувочная вода содержит в 3,75 раза меньше энергии, чем пар. Таким образом, по сравнению с жаротрубными котлами, продувка дополнительно экономит 2–3 % газа. Например, при постоянной работе на номинальной нагрузке котла в 10 т/ч на продувке экономится около 200 тыс.м³ природного газа в год.

Водотрубные парогенераторы Clayton требуют значительно меньше места и в несколько раз легче жаротрубных котлов, что существенно снижает затраты на строительство, монтаж и обслуживание. Их вес практически не зависит от загрузки. Например, парогенератор Clayton мощностью 10 т/ч в 5 раз легче жаротрубного котла той же мощности еще в сухом состоянии. Компактные размеры позволяют устанавливать вертикальные парогенераторы до 4 т/ч в любом помещении производства, при условии оснащения помещения несгораемой перегородкой, равной высоте самого оборудования. Управление парогенераторами полностью автоматизировано, что позволяет им работать без постоянного присутствия персонала. Плавная регулировка производительности в автоматическом режиме дает

Сравнение характеристик парогенератора Clayton и традиционного жаротрубного котла (для сравнения приведены характеристики котлов производительностью 4,5 т/ч)

Показатели	Парогенератор Clayton	Жаротрубный котел
Требуемая площадь пола для котла, м ²	4,3	14,9
Масса котла, заполненного водой, кг	4 375	24 600
Сухость пара при резкопеременной нагрузке	99,5 %	80-90 %
Старт с холодного состояния до 100 %-ной нагрузки котла	10 мин	3 ч
Переход котла с 20 %-ной на 100 %-ную нагрузку	15–60 с	10 мин
Возможность установки в производственном помещении	Да (до 4 т/ч)	Нет
КПД с экономайзером, %	96	92
Потери тепла с поверхности котла (потери на КПД), %	0,5%	2%
Потери при продувке (котловой воды)	1–3 %	8–12 %
Потери при ожидании (coldstand-by)	0 %	2 % от производительности



возможность обеспечить необходимое количество пара в режиме минимального расхода топлива.

Благодаря малому объему воды (в 2 раза меньше, чем у барабанных котлов, и в 5–6 раз – чем у жаротрубных), парогенераторы Clayton характеризуются быстрым изменением паропроизводительности: выход на номинальную нагрузку из холодного состояния занимает всего 5 мин (если питательная вода не остывала – около 2). Это позволяет существенно экономить топливо при запуске парогенератора.

Реакция оборудования на изменения в потребности пара мгновенна в

отличие от постепенного набора мощности у жаротрубных котлов. Для примера: переход с 20-ти на 100 %-ную нагрузку занимает 12 с. Парогенераторы Clayton отличаются экономичностью и практичностью, идеально подходят для удовлетворения непостоянных потребностей в паре. Поскольку ассортимент паропроизводящего оборудования на рынке достаточно широк, при его выборе важно учитывать экономический эффект от внедрения и другие факторы (топливная

эффективность, простота монтажа, расходы на техобслуживание и др.). Качественное оборудование при покупке обходится немного дороже, но через 1–3 года оно окупается и начинает приносить прибыль, которая будет тем выше, чем выше его эффективность.



ЗАО «ВАПОР»
191002, г. Санкт-Петербург,
Ул. Большая Московская, д. 8/2
Тел.: +7 (812) 448 00 70
Факс: +7 (812) 448 00 79
e-mail: spb@vapor.ru
www.vapor.ru



У ведущих зарубежных производителей энергетических радиальных турбин на российский нефтедобывающий сектор приходится более 50 % продаж оборудования. В плане первоначальных затрат импортные электрогенераторы на попутном газе проигрывают отечественным двигателям, но ввиду своих эксплуатационных достоинств очень быстро отыгрывают разницу.

Зарубежные газотурбины радиальной конструкции для утилизации ПНГ

В. Яковлев

В прошлом номере журнала «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» мы писали о российских энергетических газотурбинах, которые позволяют утилизировать попутный нефтяной газ (ПНГ) для энергоснабжения месторождений вместо бесполезного факельного сжигания (статья «Конверсионные газотурбины на ПНГ» в 3/30 выпуске нашего журнала). Эти осевые двигатели находят широкое применение в нефтегазовой отрасли. Но у российских нефтяных компаний значительным спросом пользуются также зарубежные газотурбины радиальной конструкции (произ-

водства Capstone, Dresser-Rand, Opra и др.), хорошо себя зарекомендовавшие в энергообеспечении не только нефтедобывающих объектов, но и удаленных узлов на магистралях, в частности, компрессорных и насосных станций, способных работать без обслуживающего персонала в автоматическом режиме. У этих ГТУ газовый поток движется не вдоль оси, как у осевых турбин, а перпендикулярно (см. статью «Радиальные турбины для многоагрегатных ТЭС» в 6/27 номере). Увеличение мощности таких установок ограничивается их радиальными размерами, поэтому мощность существующих турбин

данного типа не превышает 2 МВт. Радиальные турбины имеют одноступенчатый центробежный компрессор и одноступенчатую центростремительную турбину. Поскольку степень повышения давления в них относительно невысокая (до 7 рк), снижается потребность в повышении давления подачи газообразного топлива. Рабочее колесо и сопловой аппарат радиальной турбины неохлаждаемые, соответственно, требования к цикловому воздуху и топливу не такие жесткие, как для осевых турбин (в частности, допускается использование ПНГ в качестве основного горючего). Ввиду того, что двигатели ра-

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

Преимущества этого вида оборудования удобнее всего рассмотреть на примере микротурбины (одной из разновидностей радиальных турбин). Она состоит всего из одной движущейся детали – вращающегося вала, на котором соосно расположены электрический генератор, компрессор и непосредственно турбина. Это дает возможность повысить конструктивную компактность изделий: так, например, у микротурбинных установок Capstone в одном корпусе размещены компрессор, камера сгорания, рекуператор, непосредственно турбина и постоянные магниты электрогенератора. В установке не используются редукторы или другие механические приводы. Преобладающее большинство микротурбин содержит легкий ротор на «сухих» опорах – воздушных подшипниках, которые поддерживают вал ротора генератора в подвешенном бесконтактном состоянии. Они имеют два компонента: внешнюю часть из особого высокотемпературного сплава цилиндрической формы, и внутреннюю часть – тонкую волнообразную окружность, выполняющую роль пружины, под которой расположена лента. Пружины создают силу противодействия лентам и воздуху, что позволяет валу газовой турбины находиться в устойчивом положении на воздушных подушках. Благодаря особой аэродинамической форме подшипника, при скорости вращения свыше 2 тыс. об/мин образуется воздушная пленка, которая отделяет вал от ленты подшипника и защищает его от износа. Эта инновация дает возможность отказаться от использования масла, высокий расход которого у осевых ГТУ составляет значительную часть эксплуатационных затрат. Кроме того, малое количество сопрягаемых частей снижает

до минимума риск повреждения деталей турбогенератора и обеспечивает высоконадежную безопасную работу установки в течение длительного времени. Именно поэтому срок службы микротурбины до капитального ремонта составляет от 40 до 60 тыс. ч, апериодичность проведения плановых сервисных работ – каждые 8 тыс. ч, т. е. не чаще одного раза в год. За счет высокой частоты вращения вала и воздушных подшипников достигается низкий уровень шума и вибраций энергоустановки. Генератор охлаждается набегающим потоком воздуха, что исключает необходимость организации системы жидкостного охлаждения и решения проблем, связанных с ее эксплуатацией. Низкие рабочие температуры снижают уровень эмиссии окислов азота, благодаря чему уровень выбросов CO и NO_x не превышает 9 прт, что позволяет отнести микротурбины к одному из самых экологически чистых источников генерации энергии. Воздухо-воздушный теплообменник (рекуператор) в конструкции микротурбин использует тепловую энергию выхлопа для предварительного нагрева воздуха в камере сгорания и тем самым позволяет снизить объем потребляемого топлива практически в два раза, поэтому микротурбины имеют самый высокий для газотурбинных электростанций электрический КПД – до 35 %.

Благодаря высокой степени автоматизации, энергосистема на базе радиальных турбин способна функционировать без постоянного присутствия обслуживающего персонала: контроль может осуществляться посредством микропроцессорной системы автоматического управления через GSM модем, координирующий работу газовых турбин вне зависимости от их расположения. Это позволяет размещать автономные электростанции в труднодоступных районах на необслуживаемых объектах, таких как радиорелейные станции и линейная часть газопроводов, и, конечно, на нефтяных месторождениях, поскольку требования к топливу, как уже отмечалось выше, у радиальных турбин не такие жесткие, как у конверсионных осевых, и допускают использование ПНГ в качестве основного горючего.

В российской нефтедобывающей



Рис. 1

отрасли наибольшей популярностью пользуются радиальные газотурбины Capstone (упомянутые выше микротурбины) номинальной мощностью 65 и 200 кВт (модели Capstone C65 и Capstone C200). На базе модели Capstone C200 предлагаются энергоустановки ENEX ячеистой конструкции (5 секций под габариты микротурбины), которые допускают постепенное наращивание мощности до 400, 600, 800 и 1000 кВт, не требующее сложных монтажных работ (рис. 1). Такая конфигурация удобна, во-первых, в плане модулирования и резервирования мощности: за счет выключения отдельных секций нагрузка распределяется равномерно и тем самым повышается общий ресурс оборудования. А во-вторых, секционная конструкция ENEX допускает поэтапный ввод энергообъекта в эксплуатацию, что является немаловажным аргументом при обустройстве отдаленных месторождений, имеющих потребность в тепло- и электроснабжении еще на стадии строительства. Оборудование поставляется в блочно-модульном исполнении полной заводской готовности, позволяющем максимально быстро начать генерацию энергии. Из недавних проектов с использованием установок ENEX можно назвать мини-ТЭС Мало-Усинского нефтяного месторождения (Еловский р-н Пермского края, ООО «Лукойл-Пермь») мощностью 1000 кВт, энергоцентр Гарюшкинского месторождения (Кунгурский р-н Пермского края, ЗАО «ПермьТОТИнефть») электрической мощностью 1800 кВт, в состав которого вошли две микротурбинные электростанции ENEX в климатическом исполнении, изготовленные на базе ГТУ Capstone C800 и C1000. В обоих случаях оборудование

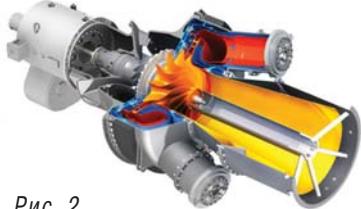


Рис. 2

работает параллельно с сетью, подготовку ПНГ осуществляют дожимные компрессорные станции COMPLEX 45. В 2014 г. на месторождениях НК «Башнефть» в Иглинском р-не Республики Башкортостан были установлены три микротурбинные электростанции ENEX 1000 (одна – на ДНС «Искра» и еще две – на УПСВ «Ильино»). В состав этих мини-ТЭС вошли 4 дожимные компрессорные установки COMPLEX 75 – по две на каждый объект. В качестве топлива для электростанций используется ПНГ с содержанием сероводорода от 0,9 до 1,1 %. Энергоблоки работают параллельно с сетью; излишки вырабатываемой электроэнергии направляются в сеть с последующим распределением по внутреннему тарифу между другими объектами НК «Башнефть».

На основе микротурбин Capstone C65 компания «БПЦ Инжиниринг» совместно с НТК «МНГК» создала передвижные комплексы для освоения скважин, основным преимуществом которых является мобильность и возможность использования на различных объектах, что особенно актуально для разведочных и удаленных скважин, а также низкодебитных и скважин с сезонной добычей. Каждая передвижная станция включает нефтегазовый сепаратор, узел учета газа и регулирования давления, передвижную факельную установку, дожимной компрессор, накопительную емкость для нефти, дизель-генератор, операторную. Топливом для

ГТУ является попутный газ из разведочных скважин, который поступает в установки непосредственно с сепаратора. Две такие мобильные мини-ТЭС использует ООО «Лукойл-Пермь» при разведке скважин Касибского и Бортомского месторождений в Пермском крае. Электростанции поставляются также в сдвоенном варианте (два блока Capstone C65 в одном контейнере). Так, на Токаревском нефтяном месторождении в Пермском крае (ОАО «РИТЭК») была запущена электростанция ENEX 130, представляющая собой транспортабельный энергоцентр, включающий, кроме собственно микротурбин, два дожимных компрессора COMPLEX 5,5 (основной и резервный), систему управления, вводно-распределительное устройство и другие системы. Станция изготовлена с учетом особенностей эксплуатации и характеристик топлива в климатическом исполнении УХЛ 1 по ГОСТ 17516.1. Это позволяет использовать ее в суровых климатических условиях при температуре от -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$, снеговой нагрузке до 200 кг/м и сейсмической активности до 8 баллов. Попутный газ поступает в микротурбины с сепаратора после отделения капельной влаги и механических примесей. Такое решение позволило отказаться от строительства дорогостоящей системы газоподготовки и утилизировать весь попутный газ нефтепромысла, который содержит 15,6 % азота и лишь 46,37 % метана.

Радиальные газовые турбины KG2-3Е производства Dresser Rand номинальной электрической мощностью 1,8 МВт еще более неприхотливы в топливе: они позволяют утилизировать ПНГ со значениями сероводорода $\text{H}_2\text{S} > 1\% \text{ об.}$ Так, например, в 2014 г. на Байтуганском нефтяном месторождении Волго-Уральского региона была запущена мини-ТЭС на попутном газе с содержанием сероводорода 2,6 %. ЭнергоСентер на базе ГТУ KG2-3Е (рис. 2) был выполнен с применением коррозионно-стойких материалов и с учетом климатических особенностей района эксплуатации; в его состав вошли дожимная компрессорная станция, модули операторной и теплового пункта,

закрытое распределительное устройство с ГРЩ. На базе газотурбин Dresser Rand в конце прошлого года была введена и более крупная теплоэлектростанция: на Леккерском месторождении (Республика Коми) начала работу ГТЭС номинальной мощностью 7,2 МВт, в состав которой вошли 4 энергоблока KG2-3Е. Установки модульного исполнения размещены во всепогодных контейнерах на открытой площадке. В комплект оборудования входит ДКС, блок подготовки топливного газа, ЗРУ 6,3 кВ, ГРЩ 0,4 кВ, модуль операторной и автоматизированная система управления.

О радиальных газотурбинах OP16-3A (рис. 3) производства OPRA Turbines журнал «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» писал неоднократно (см. номера 5/20 2013, 6/27 2014), отмечая их «вседоступность» при работе на жидком и газообразном топливе. В качестве горючего в этих установках могут применяться практически все виды газа, включая ПНГ и биогаз, и самый широкий спектр жидкого топлива, в том числе этанол, сырая нефть, пиролизное масло, биодизель и пр. Ввиду этих уникальных свойств, турбины OP16-3A не могли не привлечь внимание отечественных нефтяников. В настоящее время более 60 % всей выпущенной продукции OPRA Turbines реализовано в российской нефтедобывающей отрасли. Из наиболее интересных проектов – электростанция на Ханчайском газоконденсатном месторождении (ООО «Новатэк-Таркосаленефтегаз», Пермский край), включающая два агрегата OPRA мощностью по 2 МВт, работающие в простом цикле. Каждый энергоблок создан на базе одновальной ГТУ OP16-3A с одноступенчатым центробежным компрессором (степень повышения давления 6,7), одноступенчатой радиальной турбиной и встроенным планетарным редуктором. Оба подшипника ротора турбокомпрессора расположены в холодной части двигателя, что обеспечивает долговечность опорных узлов и масляной системы за счет отсутствия угаря масла. В составе ГТУ применяется – генератор Leroy-Somer с напряжением 6,3 кВ. Энергостанции размещены в здании и синхронизированы с двумя ранее поставленными энергоблоками OPRA и газопоршневыми установками.

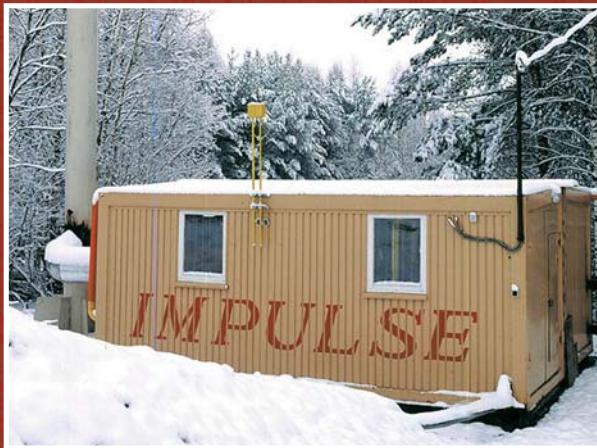


Рис. 3



группа компаний
импульс

Проектирование Монтаж Пусконаладка Сервисное обслуживание



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



Реклама

140054, Московская область, Люберецкий район, г. Котельники, Новорязанское шоссе, д.6

Тел.: 8 (495) 543-96-15, Факс: 8 (495) 543-96-15

e-mail: prd@impulsgroup.ru

www.impulstechno.ru



Появление новых газотурбин с термическим КПД 45–48 % и использование их в составе ПГУ определили их ведущую роль в выработке электро- и теплоэнергии. Новая технологическая схема, запатентованная автором этой статьи, позволяет повысить энергоэффективность ПГУ малой и средней мощности за счет применения абсорбционного бромистолитиевого трансформатора тепла (АБТТ).

Комбинированный парогазовый цикл на базе трансформатора тепла с инжекцией пара в газовый тракт

Е. Шадек, к.т.н.

Значения КПД установок комбинированного цикла (бинарных ПГУ, включающих комплекс ГТУ со сбросом газа в паровой котел-утилизатор и паротурбинную установку) доходят до 50–54 % и могут достигать 60–62 % при выполнении ряда мероприятий, таких как: охлаждение воздуха на входе и между ступенями компрессора, паровое охлаждение проточной части газовой турбины, увеличение степени сжатия и температуры термодинамического цикла до 1473–1523 К, 1623–1673 К выше и др.

Приведем примеры. КПД брутто газотурбинной установки GE 6FA (6F.03, рис. 1) мощностью 79 МВт составляет 35 % при работе в простом цикле и 54 % – в комбинированном; у ПГУ-325 с ГТУ типа ГТЭ-110 производства НПО «Машпроект» – 52,43 %, у ПГУ-450 с газотурбиной Siemens V94,2 – 51,2 % (паровые турбины в обоих случаях – производства ЛМЗ типа К-110-7,5 и К-159-7,5 соответственно). На ПГУ в Dangjin-3 и Andong в Южной Корее отмечен уровень КПД 60 %, а на ЭС Irsching в Германии – 60,75 % еще в 2011 г.

В 1980-х гг. компанией General Electric (США) разработан процесс STIG (Steam Injection Gas, или цикл Чанга), предусматривающий впрыск сухого перегретого пара из парового котла-утилизатора в газовый тракт ГТУ. Впрыск обеспечивает:

- в патрубок подачи воздуха в камеру сгорания (КС) и в саму КС – уменьшение эмиссии токсичных оксидов (NO_x и других) благодаря подавлению их в присутствии водяных паров в продуктах сгорания;
- в проточную часть турбины – паро-

вое охлаждение турбинных лопаток, горячих частей турбины.

Увеличение массы рабочего тела вследствие инжекции пара, независимо от места его подачи, приводит к приросту мощности турбины, причем наиболее экономичным образом. Так как теплоемкость перегретого пара примерно вдвое больше, чем у воздуха, паровое охлаждение эффективнее воздушного, при этом повышаются моторесурс, надежность работы, снижаются эксплуатационные затраты и пр. И прирост мощности, и эффективность парового охлаждения связаны, кроме того, с тем, что получение пара гораздо менее энергозатратно, чем сжатие воздуха в компрессоре.

Специалисты НПП «Машпроект» (г. Николаев, Украина) определили оптимальное соотношение количества пара впрыска для снижения эмиссии NO_x до допустимого уровня – около 1,5 расхода газа ВГ. Технология позиционируется как экологически чистая. Зарубежные исследователи рекомендуют диапазоны расхода пара впрыска от 5 до 20 % массового расхода воздуха на горение, давление (4–7) МПа или (0,8–1,5) ВГ.

Эффективен также впрыск мелко-дисперсной распыленной посредством форсунок воды в средние ступени компрессора ГТУ, снижающий работу компрессора (приближение к изотермическому сжатию).

Таким образом, достоинства технологии STIG – максимальные для ГТУ мощность, КПД и экологичность. По данным ряда источников, для различных типов машин, условий и режимов впрыск пара увеличивает электрический КПД до 40–45 %, мощность – на 5–25 % от базовой, кроме того, на 2,5–15 % снижается потребление топлива.

Цикл STIG получил широкое распространение в газотурбинных технологиях, многие ведущие производители закладывают в конструкциях ГТУ возможность подачи пара в различные точки газового тракта.

Главная проблема в реализации процесса STIG – потеря чистой деминерализованной воды с энергетическим паром и с водой впрыска в компрессор. Кроме того, выброс парогазовой смеси



Рис. 1

с большим содержанием водяных паров экологически вреден.

Известны предложения, направленные на решение этой задачи. Так, по патенту РФ №2211343, F01K 23/06 от 04.10.2002 «Способ утилизации тепла в парогазовой установке контактного типа и установка для его осуществления» (авторы – Е. Шадек, В. Штеренберг и др.) в ПГУ паровой котел-utiлизатор (ПКУ) и поверхностный теплообменник-конденсатор размещены в герметичном теплоизолированном корпусе, в котором поддерживают давление 4,2–6,5 кг/см², а температуру парогазовой смеси на входе – в пределах 125–140 °C. Пар из ПКУ направляют в паровую турбину, отработавший – в воздушный конденсатор. После поверхностного теплообменника-конденсатора парогазовая смесь поступает в многоступенчатый турбодетандер с сепараторами капельной влаги между ступенями. Конденсат собирают и отводят в конденсатную линию, соединенную через деаэратор с ПКУ, исключаются потери воды с выхлопными газами.

Расчетный КПД брутто установки электрической мощностью ($N_{\text{ЭЛ}}$) 76 МВт составляет 50,7 %, коэффициент использования топлива – 93 %.

Поддержание достаточно высокого избыточного давления в крупногабаритной камере создает трудности при изготовлении и эксплуатации установки и пр., увеличивает капитальные и текущие затраты.

Начиная с 1986 г. в НПП «Машпроект» ведутся работы по созданию установок, действующих по технологии «Водолей» – с подачей пара в газовый тракт ГТУ и

регенерацией его из парогазовой смеси в контактном конденсаторе, установленном на выхлопном патрубке парового котла-utiлизатора. Цикл STIG применен в схеме бинарной ПГУ: пар из котла-utiлизатора направляется в паровую турбину, отработавший пар из турбины – на впрыск в камеру сгорания и проточную часть газовой турбины. Предварительно охлажденная в холодильнике холодильной машины – парокомпрессионной теплонасосной установки, вода подается в разбрызгиватель, установленный в контактном конденсаторе, через фильтр. Конденсат из парогазовой смеси вместе с охлаждающей водой самотеком сливается в резервуар хранения.

Для испытанных установок мощностью 25 и 16 МВт КПД в условиях ISO составил, соответственно, 43 и 45 %. Максимальная тепловая мощность, отводимая от контактного конденсатора, которая может быть использована в системе «теплонасосная установка – теплообменники» Q_T , составляет 49,5 МВт при выходной мощности $N_{\text{ЭЛ}}$ 60 МВт. Приведенная потребность в холоде $Q_{\text{хол}}$ 49,5/60=0,825 кВт холодильной мощности на кВт электрической.

По расчетам МПО «Салют» КПД брутто установки МЭС-60 типа «Водолей» электрической мощностью 60 МВт составляет 50 %. Недостаток системы – большие потери мощности на собственные нужды: расход электроэнергии на привод компрессоров ТНУ мощностью 6,4 МВт. Удельная установленная мощность составляет 6,4/60=0,107 кВт/кВт.

Большой объем циркуляционной воды в системе определяет соответ-



Рис. 2

ствующие затраты на ее обработку – подготовку, очистку и пр., конструктивные и технологические решения (габариты и пр.).

Опытная эксплуатация установки «Водолей-16» мощностью 16 МВт (1998 г.) показала работоспособность системы и подтвердила расчетные параметры. В последующем по независящим от разработчиков причинам работы были прекращены.

Цель данной статьи – анализ проблемы, постановка задачи и принципиальное схемное решение, в котором сочетались бы лучшие показатели обеих технологий: ПГУ бинарного типа с одной стороны (высокие КПД и тепловая экономичность, регулируемые электрическая и тепловая мощность) и с другой – цикла STIG: высокие мощности, паровое охлаждение, экологическая чистота и др. Найденное решение можно определить как синтез обеих трендовых технологий в одной энергоустановке и способе ее работы.

В предлагаемом энергокомплексе охлаждение и конденсация парогазовой смеси осуществляются в поверхностном теплообменнике-конденсаторе, установленном на стыке котла с газоходом и включенном в замкнутый холодильный контур испарителя одноступенчатого абсорбционного бромистотиевого трансформатора тепла (АБТТ).

Заявка на изобретение №2015105041/06(007944) «Комбинированная ПГУ на базе трансформатора тепла с инжекцией пара в газовый тракт и способ ее работы» была подана автором настоящей статьи 16 февраля 2015 г.

Способ работы установки заключается в том, что в летний период включают внешний теплоотводящий контур АБТТ «конденсатор – абсорбер – градирня» и настраивают АБТТ на работу в режиме холодильной машины (АБХМ, рис. 2). Температуры воды-хладоносителя в

контуре испарителя составляют 12/7 °C, охлаждающей воды во внешнем контуре – 28/36 °C (± 5 °C) (всюду вход/выход). В зимний период, в течение отопительного сезона, АБТТ настраивают на работу в режиме теплового насоса (АБТН) с температурами воды в контуре испарителя 30/25 °C (± 5 °C) и воды во внешнем греющем контуре в пределах (30–60)/(60–90)°C. В контур включены автономные теплообменники для нагрева в общем случае конденсата, сетевой воды и топливного газа (автономные, для каждой среды).

Настройки всюду – в пределах штатных режимов и параметров машин.

Еще одно отличие заключается в пропорционировании (регулировании) расходов пара на впрыск из парового котла-utiлизатора за ГТУ и паровой турбины.

Одноступенчатые АБТТ обладают явными преимуществами перед компрессионными: это минимальное потребление электроэнергии (только на насосы), безопасность и экологическая чистота, отсутствие движущихся частей и связанных с ними динамических нагрузок, вибрации, мощных фундаментов, износа, шума и пр. Источниками энергии для АБХМ/АБТТ могут быть: пар давлением (0,1–0,2/0,4–0,6) МПа, горячая вода с температурой не ниже 75/145 °C; отходящие дымовые газы с температурой

не ниже 250–360/450 °C. Коэффициент преобразования АБТН – 1,65–1,73.

К преимуществам предложенного решения по сравнению с лучшими и ближайшими аналогами и прототипом (ПГУ МЭС-60 типа «Водолей») относятся:

- снижение расхода энергии на собственные нужды: так, например, у АБТТ–10 МВт номинальный расход на привод насосов не превышает 70 кВт (ср. с 6,4 МВт у прототипа);

- утилизация тепла парогазовой смеси в зимний период для нагрева сетевой воды, а для нагрева дутьевого воздуха и газа – круглогодично;

- меньший объем воды в холодильном контуре установки, снижение эксплуатационных и капитальных затрат на обработку циркуляционной воды, обслуживание оборудования и пр.

Благодаря этим преимуществам, ожидаемый КПД заявленной технологии, как показали оценочные расчеты, превысит расчетный КПД прототипа на 2–4 % и составит в базовом режиме 52–54 % и выше. Прирост КПД даст соответствующее повышение мощности или снижение расхода топлива.

Работа установки ясна из схемы на рис. 3.

Выходящая из турбины 4 парогазовая смесь (ПГС) температурой 450–650 °C, поступает в паровой котел-utiлизатор (ПКУ) 5, в котором вырабатывается сухой перегретый пар с параметрами в диапазоне: 4–7 МПа, 300–450 °C. Часть пара подается по трубопроводу 6 на впрыск в воздушный патрубок камеры сгорания КС, в саму КС 3, в проточную часть ГТ 4, а другая часть пара – в паровую турбину с противодавлением 27. Отработавший в ПТ пар по трубопроводу 28 поступает на впрыск в газовый тракт. Возможен режим, когда весь пар от котла подается в ПТ. В средние ступени компрессора 2 посредством форсунок тонкого распыла впрыскивается хорошо очищенная вода.

Далее, после котла 5 ПГС температурой 110–130 °C поступает в поверхностный теплообменник-конденсатор (ПТК) 11, встроенный в замкнутый контур испарителя АБТТ. Здесь происходит глубокое охлаждение ПГС до температуры ниже точки росы. Для продуктов сго-

рания природного газа она находится в пределах 50–55 °С. Вследствие закачки большого количества пара парциальное давление водяных паров в ПГС увеличивается, а вместе с ним – и температура конденсации. По приблизительным подсчетам при заданных расходах пара впрыска температура точки росы поднимется до 60–65 °С. Для надежной конденсации необходимо охлаждение ПГС примерно до 50–55 °С. Это обстоятельство упрощает задачу конденсации, «высадки» конденсата, облегчает работу ПТК, интенсифицирует процесс тепломассообмена.

За ПТК, в общей камере, установлен узел каплеуловителя 13 – фильтры, жалюзи, сетки, сепараторы различного типа, защищающий газоход от брызгоноса.

Образующийся конденсат собирается в баке 14. После контакта с продуктами сгорания природного газа конденсат сохраняет высокое качество и нуждается в простой и недорогой очистке – декарбонизации (и то не всегда) и дегазации. После обработки (не показана) конденсат под напором насоса 18 через регулятор расхода 19 подается в конденсатную линию – на деаэратор, а после него – в котел 5.

Для исключения конденсации паров в хвостовых частях газового тракта и особенно в дымовой трубе температуру газов поддерживают на уровне 70–90 °С. С этой целью в поток холодных и осущененных дымовых газов сразу за каплеуловителем 13 вводят горячие газы из камеры сгорания генератора АБТТ, от горелки 21 по газоходу 22. Возможен режим работы установки с одной газовой турбиной, паровая отключается.

Температурные диапазоны охладителя (для АБТН – 30/25 0С, для АБХМ – 12/7 °С) обеспечивают достаточно интенсивное охлаждение парогазовой смеси до требуемой температуры и конденсацию водяных паров, образовавшихся в результате сжигания газа и впрыска пара и воды. Возможны настройки температур в пределах ±2–5 °С.

Во внешний контур АБТТ сбрасывается большое количество тепла, его необходимо отвести. Отношение тепловой мощности Q_T (отводимого тепла внешнего контура) к холодильной мощ-

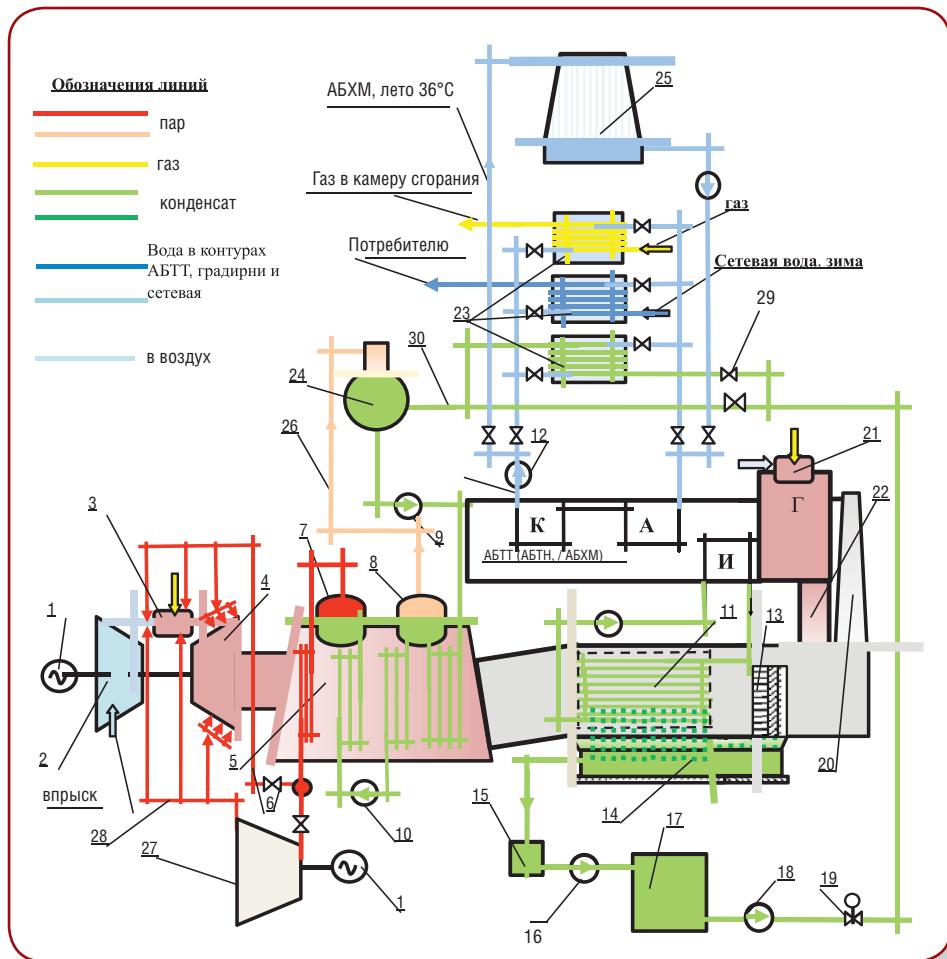


Рис. 3

ности для АБТТ $Q_{хол}$ находится в пределах 2,3–2,6.

При работе АБХМ низкотемпературное тепло теплоотводящего контура t 28–38 °С является бросовым. Оно отводится с помощью градирни или водяного (либо воздушного) теплообменника-охладителя 25, включенной в этот контур.

Возможные потребители среднетемпературного потенциала при работе АБТН – рабочие среды: топливный газ перед камерой сгорания газотурбинной установки, конденсат перед деаэратором и вода – для тепловой сети, ГВС и любого потребителя горячей, до 80–85 °С, воды. Расходы тепла в сумме на подогрев конденсата и газа с температурным напором ΔT порядка 30 °С значительно ниже количества сбросного тепла. Основная реальная нагрузка внешнего контура АБТН – нагрев сетевой воды в течение отопительного

сезона. Возможен также нагрев воды для ГВС по соответствующему графику отпуска тепла при работе в режиме теплового насоса.

Материал рабочих поверхностей поверхностного теплообменника-конденсатора – коррозионностойкие стали и сплавы, алюминиевые трубы, ребра, полимерные покрытия и пр. Тип, устройство, конструкция теплообменников могут быть различными: кожухотрубные регенераторы (например, Подольского машиностроительного завода), пластинчатые паяные или разборные теплообменники ряда российских и зарубежных производителей (рис. 4), компактные регенераторы РГ-10 НПЦ «Анод» с теплообменной поверхностью из змеевиков с малым радиусом гиба, кассетный теплообменник-утилизатор СТУ-10 с теплообменной поверхностью нового типа разработки МЭИ и др.



Рис. 4

В качестве теплообменных блоков рекомендуются также секции калорифера типа ВНВ123-412-50АТЗ Калориферного завода (г. Кострома). Выбор компоновки секций теплового обмена и подключения по воде и газам позволяет варьировать и обеспечивать скорости воды и газов в рекомендуемых пределах 1–4 м/с. Газоход, камера, газовый тракт выполняются из коррозионностойких материалов, покрытий, в частности, нержавеющих сталей, пластиков – это общепринятая практика.

Переналадка машины предусмотрена регламентом и проводится в соответствии с инструкциями по настройке и эксплуатации оборудования.

При глубоком охлаждении отходящих газов и конденсации водяных паров вместе с физическим утилизируется тепло парообразования. ПКУ работает в конденсационном режиме, КПД такого котла порядка 105 % по низшей теплотворной способности Q_{H}^{P} .

Под управлением единой САР по оптимизационным программам технологическая схема энергообъекта позволяет:

- регулировать расход пара на паровую турбину, расход пара на впрыск в ГТУ из паровой турбины;
- включать/отключать любой теплообменник системы;

– включать «зимний» и «летний» контуры;

– регулировать расход конденсата в конденсатной линии. Для отключения теплообменников в летний сезон предусмотрены байпасные линии; на схеме показана такая линия только у теплообменника для конденсата (п. 30).

В установке вырабатывается большое количество избыточной воды (конденсата водяных паров в продуктах сгорания при сжигании углеводородов), поэтому система не нуждается в подпитке.

Эта особенность очень важна в районах с дефицитом воды.

Таким образом, создается замкнутый водопарогазовый контур с минимальными потерями тепла и воды. Как показали оценочные расчеты, мощность $Q_{\text{хол}}$ холодильного контура при расходах пара впрыска $G_{\text{п}}$ в соответствии с указанными пределами 0,8–1,5 ВГ, достаточная для глубокого охлаждения и конденсации всего объема парогазовой смеси для расчетной модели ГТУ мощностью 20 МВт, составит 8,8 и 6,65 МВт, а тепловая 22,4 и 17 МВт, удельная холодильная мощность $Q_{\text{хол}}/N = 0,44$ и 0,33 кВт холодильной мощности на кВт электрической энергии ГТУ соответственно (ср с 0,825 кВт/кВт для прототипа, см. выше).

Эффективность, преимущества предложенной системы выявляются при сопоставлении с прототипом. Такими преимуществами являются:

– снижение в разы расхода энергии на собственные нужды: установленная мощность (привод насосов), например, АБТТ-10МВт, не превышает 50 кВт (ср. с 6,4 МВт у прототипа);

– утилизация тепла парогазовой смеси;

– уменьшение объема воды в холодильном контуре установки, эксплуатационных и капитальных затрат на обработку этой воды, обслуживание оборудования.

Благодаря этим преимуществам ожидаемый КПД заявленной технологии в базовом режиме превысит расчетный КПД прототипа на 2–4 % и составит 52–54 %.

Прирост КПД даст соответствующее повышение мощности или снижение расхода топлива. Дальнейшее повышение КПД до уровня 55–57 % (в некоторых случаях до 60–64 %) возможно с проведением ряда мероприятий (см. выше).

Оценочные расчеты (с учетом опытных данных) выполнены для установки общей электрической мощностью 32 МВт, включающей ГТУ мощностью 20 МВт (60 % общей) и ПТУ мощностью 12 МВт (около 40 %). Экономия от увеличения мощности такой установки на 5 % при тарифе на электроэнергию 4,65 руб/кВт·ч и коэффициенте использования мощности $K=0,8$ (для электрической нагрузки) составит:

$$S_{\text{мощ}} = 8760 \times 0,8 \times 1600 \times 4,65 = \\ = 52 \text{ млн руб. в год.}$$



Рис. 5

При этом для парового котла-утилизатора в этой схеме возможна утилизация $Q_{ХОЛ}$ 4 МВт (т.е. холодильная мощность поверхности теплообменника-конденсатора).

Применение АБТН дает чистый выигрыш в тепле, равный количеству утилизируемой энергии, это даровое тепло, отведенное от парогазовой смеси, т.е. холодильной мощности $Q_{ХОЛ}$ машины. При тарифе на тепловую энергию 1257 руб./Гкал/ч и К=0,35 (для тепловой нагрузки, отопительного сезона) стоимость сэкономленного тепла для системы с АБТН типа АБТН-4000Т холодильной мощностью 4 МВт составит:

$$S_{\text{эк.тепл.}} = 8760 \times 0,35 \times 4 \times 1257 / 1,163 = 13,2 \text{ млн руб. в год (для схемы с АБТН-4000Т).}$$

Самая большая статья прибыли, по сравнению с прототипом, – от снижения потребления электроэнергии на собственные нужды. Экстраполируя, получим установленную мощность оборудования для ПГУ типа «Водолей» 20 МВт $0,107 \times 20 = 2,14$ МВт. Стоимость электроэнергии:

$$S_{\text{эл}} = 8760 \times 0,8 \times 2140 \times 4,65 = 69,7 \text{ млн руб. в год.}$$

Стоимость потребляемого АБТТ за год газа при часовом расходе газа 633 м³/ч по цене 5 руб. за м³ составит:

$$S_{\text{газ}} = 8760 \times 0,8 \times 633 \times 5 = 22 \text{ млн руб. в год.}$$

При установленной электрической мощности АБТН-4000Т 25,2 кВт в предложенной системе плата за потребленную электроэнергию составит около 820 тыс. руб.

Итого, общая годовая прибыль может составить около 42,18 млн руб. Окупаемость реконструкции энергообъекта при этом составит не более двух лет, а прибыль будет расти прямо пропорционально мощности ПГУ.

Область рационального применения изобретения – ПГУ малой и средней мощности. При необходимости возможно использование двух трансформаторов тепла в одной ПГУ, секционных теплообменников. Максимальная холодильная мощность современных АБТТ – до 20 МВт.

Реализация новой технологии предполагает ее применение на стадии проектирования, при разработке ТЗ и ТЭО новых и реконструкции существующих энергообъектов. Действующие ПГУ оборудуются трансформатором тепла и теплообменником-конденсатором, которые встраиваются в технологическую схему объекта (рис. 5).

Выводы

В статье предложена технология – способ и устройство (ноу-хау) – парогазового цикла, приведены анализ, состояние проблемы, принципиальная схема установки и оценка эффективности, рекомендации.

В решении сочетаются достоинства классического бинарного цикла и процесса STIG.

Проведение НИОКР, предпроектная проработка, составление ТЗ, ТЭО откроют перспективы разработки и реализации пилотного проекта реконструкции действующих ПГУ; выход на рынок ноу-хау, лицензий, патентов.



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

testo 340: эффективный анализатор дымовых газов для промышленного применения

- Автоматическое расширение измерительного диапазона и защита сенсора
- Измерение концентрации O₂, CO, NO, NO₂, SO₂
- Расчет массовых выбросов в режиме реального времени
- Удобство применения при проведении всех видов сервисного обслуживания

Зарубежные многотопливные котлы повышенной мощности

Использование промышленных котлов, работающих на твердом топливе, – надежный и эффективный способ обеспечения потребностей промышленных и коммерческих объектов в тепле и горячей воде. Данное оборудование особенно необходимо для регионов, в которых отсутствует магистральное газоснабжение, но есть местное дешевое топливо. Такие котлы могут работать на подготовленной древесине, пеллетах, а также древесной стружке.

На сегодняшний день промышленные твердотопливные многотопливные котлы – это самое экологически безопасное отопительное оборудование при достаточно высоком показателе КПД и максимальном рабочем давлении. Данный обзор посвящен продукции зарубежных производителей номинальной мощностью от 100 кВт. Стоит отметить, что, несмотря на высокий спрос на такое оборудование, особенно в российских регионах, выбор твердотопливных многотопливных котлов этого диапазона мощностей все еще не очень широк. Тем не менее аналитики прогнозируют существенный рост данного сегмента рынка в ближайшем будущем, поскольку в результате неуклонного роста цен на топливо потребители вынуждены искать более дешевые и эффективные способы обогрева. При этом твердотопливные котлы могут стать не только одним из продуктивных способов обеспечения объектов доступным теплом, но и принципиально новым инструментом в построении независимых систем отопления. Еще одно достоинство твердотопливных котлов, способствующее росту популярности этого оборудования у российских заказчиков, – простота конструкции, дешевизна и удобство эксплуатации.

Faci (Италия)

Серия стальных водогрейных котлов Eco, поставляемых в нашу страну фирмой Faci, включает шесть моделей номинальной мощностью от 33 до 152 кВт, в том числе две модели мощностью более 100 кВт – Eco-7 (105 кВт) и Eco-10 (152 кВт). Котлы Eco разработаны для сжигания пеллет и других видов измельченного твердого топлива, включая жмых, скорлупу миндаля, шишки и древесную щепу. Горизонтальный двухрядный стальной теплообменник сконструирован таким образом, чтобы при ра-

боте нагревалась не только нижняя часть, но и боковые стенки котла, в которых также находится теплоноситель. Теплообменник располагается в верхней части камеры сгорания, снабженной нисходящим шнеком, что обеспечивает защиту от возвратного пламени. Нижняя дверца стального корпуса используется как для чистки, так и для загрузки крупных кусков топлива. Аналоговая панель управления позволяет регулировать основные параметры режима работы. Предусмотрено подключение к другим источникам тепла: солнечному коллектору, газовому котлу, камину. Диапазон рабочей температуры находится в пределах от 65 до 90 °С. Рабочее давление составляет 2 бара, объем водяной рубашки – 190 (Eco-7) и 220 (Eco-10) л. Заявленный производителем КПД составляет не менее 80 %. В базовый комплект поставки входят аналоговая панель управления, шnekовая система подачи топлива, бункер объемом 200 л (располагается справа от котла), система наддува воздуха с вентилятором, колосниковые решетки, контейнер для сбора золы, а также инструменты для чистки и обслуживания оборудования. Кроме того, возможно увеличение объема топливного бункера до 400 л, увеличение длины шнека подачи топлива, размещение

бункера слева (самостоятельно) от котла или сзади (только в заводских условиях) котла, установка системы автоматического розжига, а также комплектация дополнительным теплообменником-змеевиком для обеспечения ГВС. Вместо двухрядных теплообменников, изготовленных из бесшовных стальных труб, в котлах серии Faci (в отличие от Faci Eco) используются трехрядные. Котлы серии Faci комплектуются цифровой панелью управления. Всего в серию входит 16 моделей номинальной мощностью от 42 до 1256 кВт, в том числе 13 моделей мощностью свыше 100 кВт. По желанию заказчика объем топливного бункера может быть увеличен с 200 до 600 л.

Ferroli (Италия)

В широкий спектр отопительного оборудования, поставляемого на российский рынок компанией Ferroli, входят водогрейные котлы на различных видах твердого топлива. Так, серия водотрубных котлов Forest включает пять моделей мощностью от 116 до 700 кВт. Используемое топливо: пеллеты, необработанные отходы переработки дерева и пробки, растительные отходы сельского и лесного хозяйства, отходы первичной обработки сельскохозяйственной продукции. Шnekовая система подачи топлива с терmostатической системой управления и колосниковая решетка обеспечивают непрерывность дозирования топлива, в том числе кускового. Котлы оборудованы механической топкой с футеровкой из огнеупорного кирпича (верхняя часть футеровки имеет форму свода). Роль теплоизоляции играет водяная рубашка. Подача первичного воздуха осуществляется дифференцированно в не сообщающиеся между собой зоны подколосникового пространства. Горение происходит в два этапа с образованием горючего древесного газа на колосниковой решетке и последующим





его сжиганием. Расход первичного и вторичного воздуха горения в надколосниково-вом пространстве регулируется в широком диапазоне в зависимости от свойств используемого топлива. Возможна работа на пониженной (50–100 %) мощности и в режиме «старт–стоп». Предусмотрен легкий доступ ко всем узлам. Максимальное рабочее давление – 2 бара. Водяной объем – от 398 до 1022 л в зависимости от модели. Площадь теплообменной поверхности – от 10,9 до 38,4 м². Объем топочной камеры составляет от 0,41 до 1,11 м³, масса котла – от 1230 до 2730 кг. КПД достигает 90 % (при работе на пеллетах).

Серия водотрубных котлов с механической топкой и неподвижной решеткой Woodmatic S представлена девятью моделями мощностью от 175 до 2326 кВт. В качестве топлива могут использоваться пеллеты, отходы деревообрабатывающих и сельскохозяйственных производств, пробка. Сгорание топлива происходит в два этапа: с разложением древесного топлива на колосниковой решетке и последующим сжиганием древесного газа в камере сгорания. Работа вентиляторов подачи первичного и вторичного воздуха регулируется в зависимости от свойств используемого топлива. Максимальное рабочее давление – 2 бара. Водяной объем – от 656 до 2755 л в зависимости от модели. Площадь поверхности теплообмена – от 15,6 до 128,3 м². Объем топочной камеры составляет от 0,94 до 6,96 м³, масса котла – от 1330 до 5890 кг. КПД – до 85 и 90 % (при работе на пеллетах).

В качестве дополнительных опций предлагаются моноблокная пилотная горелка (дизельное топливо – метан) для автоматического розжига отсыревшего топлива, система модуляции мощности работы (50–100 % номинальной), регулятор наддува для камеры сгорания, подключаемый к компьютеру контроллер содержания остаточного кислорода и угарного газа в

продуктах сгорания, лесенка для доступа к боковым дверцам и дополнительные принадлежности для чистки котла.

Также предлагаются котлы Woodmatic SGM с неподвижной решеткой. Мощность пяти моделей серии – от 930 до 2326 кВт.

Водотрубные котлы с подвижной решеткой BI COMB S/SGM имеют мощность от 930 до 5815 кВт и могут использоваться для производства горячей и перегретой воды, а также пара. Топливом служат отходы первичной и вторичной обработки древесины, пробка, растительные отходы сельскохозяйственного производства и лесного хозяйства, отходы первичной обработки пищевых продуктов, мука из виноградных косточек, отходы фруктов, скреплена и другие растительные отходы. Топка котла оборудована шнековым питателем. Сжигание топлива происходит в два этапа. Огнеупорная футеровка выполнена из жаростойкого бетона и кирпича. Для удобства монтажа все агрегаты котла размещены в одном компактном блоке. Рабочее давление – 1, 5, 8, 12 и 15 бар. Паропроизводительность при давлении 12 бар и температуре питательной воды 65 °C – от 1330 до 8313 кг/ч.

Grandeg (Латвия)

Производственная программа фирмы Grandeg включает серию водогрейных котлов GD Turbo, состоящую из пяти моделей мощностью от 70 до 500 кВт. В качестве топлива применяются пеллеты, также возможно сжигание дров. Конструкция обеспечивает автоматическую очистку горелки и жаровых труб. Автоматика котла контролирует процесс горения, регулируя подачу топлива и воздуха с учетом расхода горячей воды и по показаниям датчика остаточного кислорода в дымовых газах. Автономность работы – до семи дней.



Максимальное давление – 3 бара, рабочая температура – от 70 до 90 °C. Электропитание – трехфазное, 380 В. Масса котла – от 700 до 1885 кг (бункера – 50 кг). Потребляемая мощность – от 2 до 4,5 кВт в зависимости от модели. КПД – до 92 %.

Heiztechnik (Польша)



В ассортименте компании Heiztechnik твердотопливные котлы длительного горения с высоким уровнем автоматизации и максимальным КПД. На сегодняшний день линейка продукции составляет более 30 моделей котлов в диапазоне мощностей до 1000 кВт. Модельный ряд разделен на следующие группы: автоматические угольные котлы Q Eco, автоматические котлы на биомассе HT Bio и на пеллетах Q Comfort Pellet. Отдельная линейка продукции – котлы высокой мощности. Самые мощные из них (до 650 кВт) – угольные автоматические котлы Q Max Eko и автоматические пеллетные котлы Q Max Pellet Duo. Последние оснащены горелкой нового поколения для автоматического сжигания пеллет. Топка котла разделена стенкой из водонаполненных колосников на две независимых камеры для автоматического и ручного сжигания топлива. Также в данной линейке полуавтоматические дровяные котлы Q Max Plus мощностью до 350 кВт.

Herz (Австрия)

Компания Herz Energietechnik (Австрия), входящая в концерн Herz, выпускает автоматизированные водогрейные установки на биомассе. Так, автоматизированные установки Herz Biomatic мощностью от 220 до 500 кВт работают на пеллетах и щепе. Стандартная комплектация включает сдвоенный шнек подачи топлива, цепной привод, дымосос и воздуходувки первичного



и вторичного воздуха с плавным регулированием частоты вращения, системы автоматического розжига, автоматической очистки поверхностей теплообменника и наклонной подвижной колосниковой решетки, автоматизированное удаление золы из топки и теплообменника, систему защиты от обратного возгорания, клапан перепуска дымовых газов, многозонную подачу воздуха в камеру горения, контроль уровня топлива в промежуточном бункере и температуры в шнековых каналах подачи топлива в горелку. Предусмотрено подключение бака-акумулятора. Котлоагрегаты оснащены контроллером BioControl 3000 с жидкокристаллическим экраном. Он обеспечивает управление процессом горения с учетом показателя датчика остаточного кислорода в дымовых газах. Регулирование разряжения, управление положением клапана перепуска дымовых газов, поддержание температуры обратного потока и управления двумя отопительными контурами (насос, трехходовой клапан, датчики температуры подающей и обратной магистралей) также осуществляются автоматически. Рабочая температура – до 90 °С, давление – 3 бара. Площадь теплообменной поверхности – от 16,35 до 38,8 м² в зависимости от модели. Водяной объем – от 500 до 940 л. Масса котла – от 2600 до 3500 кг. КПД – 93 %.

Kalvis (Литва)

Компания Kalvis специализируется на выпуске отопительного оборудования, работающего на различных видах твердого топлива. Мощность жаротрубных трехходовых моделей Kalvis-100...700 – от 95 до 700 кВт. Используемое топливо – дрова, древесные отходы, опилочные и торфяные брикеты, каменный уголь. Загрузка топлива производится вручную. Продолжительность горения одной загрузки – от 2-х до 7-ми ч. Котлы оборудованы вентиляторами первичного и вторичного воздуха. Темпе-

ратура теплоносителя составляет от 70 до 105 °С. Рабочее давление – 4 бара. Объем котловой воды – от 220 до 2300 л в зависимости от модели. Размеры загрузочного отверстия – от 400×450 до

600×620 мм. Масса – от 800 до 4700 кг. Подключение к сети – 50 Гц, 230 В. КПД – от 80 %.

Котлы серии M отличаются механизированной подачей топлива (измельченная древесина, опилки, пеллеты). Жаровые трубы оснащаются съемными турбулизаторами. Мощность моделей – от 95 до 950 кВт. КПД – от 82 %.

Четырехходовые модели серии M-1 дополнительно оснащены механизмом золоудаления. Используемое топливо: щепа, опилки, топливные гранулы (опилочные, торфяные и др.), торфокрошки, зерно, зерноотходы и другое сыпучее топливо. Мощность – от 140 до 950 кВт. Рабочее давление – 6 бар. КПД – от 85 %.

Котлы KSM оборудованы системами подачи топлива и чистки теплообменника, а также удаления золы и сажи. Мощность модельного ряда – от 13 до 290 кВт. Используемое топливо: древесные гранулы, щепа, зерно. Рабочее давление – 4 бара. КПД – от 88 %.

Промышленные жаротрубные трехходовые котлы серии MD (95–500 кВт) могут оснащаться горелкой или приставной топкой, параметрами которой определяются типы допустимого сыпучего топлива. Рабочее давление – 6 бар. КПД – от 85 %.

Серия MK представлена жаротрубными четырехходовыми моделями с механической топкой, работающими на древес-

ных отходах, щепе и опилках. Мощность – от 720 до 5000 кВт. Рабочее давление – 6 бар, температура теплоносителя – от 70 до 110 °С. КПД – 85 %.

Дополнительно предлагаются мультиклонные фильтры, дымососы, экономайзеры, бункеры, промежуточные емкости и системы подачи топлива, баки ГВС, змеевики аварийного охлаждения.

Kostrzева (Польша)

В числе выпускаемого фирмой Kostrzeva оборудования для сжигания биомассы представлены теплогенераторы повышенной мощности. Так, старшая модель серии Pellets Fuzzy Logic 2 имеет мощность 100 кВт. Котел может работать на пеллетах, мелком угле, зерне, древесине и дровах. Котел оборудован вертикальным стальным теплообменником и ретортной горелкой с тремя насадками для различных видов топлива. Предусмотрена работа на пониженной (до 30 кВт) мощности. Помимо дымососа, имеется вытяжной вентилятор, используемый для предотвращения попадания пыли в помещение и очистки теплообменника от золы. Большая загрузочная камера позволяет помещать в котел древесину без снятия колосников. Топливный бак большой емкости обеспечивает работу на одной загрузке до двух недель. Зольник большого объема требует очистки от одного раза в неделю (рекомендуется) до раза в месяц. Встроенный контроллер может управлять работой котла по показателям датчика наружной температуры и содержанию остаточного кислорода в дымовых газах. Возможно программирование режима работы на неделю. Предусмотрено подключение внешнего бака ГВС и работа только на приготовление горячей воды (режим «лето»). Рабочее давление составляет 2 бара, температура теплоносителя – 70 °С, минимальная температура в обратной линии – 50 °С. Масса – 1100 кг. КПД котлов серии Pellets Fuzzy Logic 2 достигает 92 %. Мощность модельного ряда Warmet SDS Ceramik составляет от 14 до 115 кВт. Допускается сжигание древесины, щепы, опилок, древесных и торфяных брикетов, соломы и угля. Микропроцессорный контроллер Luxus 4 управляет режимом работы котла, контурами ГВС и системы «теплый пол». Сжигание топлива происходит в два этапа с газификацией и последующим дожигом газов в керамических вкладышах при температуре 1000–1100 °С.



Termodinamik (Турция)

Компания Termodinamik поставляет на российский рынок твердотопливные котлы серии EKY/S. Они могут работать в автоматическом режиме как на пеллетах, так и любом другом, измельченном твердом топливе органического происхождения, име-



ющего размеры до 25 мм: пеллеты, уголь, жмых, скорлупа орехов, лузга подсолнечника. Также котлы пригодны для работы на дровах и угле в режиме ручной загрузки топлива в топку.

В производственной программе Termodinamik представлены трехходовые котлы EKY/S 100 – EKY/S 500 мощностью от 100 до 581 кВт. Регулировка подачи топлива в этих котлах осуществляется двумя кнопками на панели управления, одна из которых служит для установки времени ожидания, вторая – для установки периода подачи топлива. Регулируемые периоды ожидания и подачи топлива контролируются по цифровому экрану, благодаря которому можно установить подачу топлива с желаемой точностью.

Кроме того, в ассортименте турецкого производителя имеются котлы серии EKY (рабочее давление 3 бар) для централизованных систем отопления – 10 различных моделей с диапазоном мощности от 145 до 581 кВт. В качестве топлива для данных котлов используются уголь, дрова, щепа и гранулированная древесина.

Thermax (Индия)

Ассортимент котельного оборудования компании Thermax включает многотопливный паровой котел Combipac паропроизводительностью до 30 т/ч, работающий на доступных и дешевых видах топлива: угле, торфе, древесине, древесных опилках и отходах, лузге подсолнечника, растительной

шелухе, кукурузных кочерышках, сельскохозяйственных отходах и другой биомассе. КПД при сжигании угля составляет 82 %, при сжигании агротоплива – 80 %.

По конструкции Combipac представляет собой трехходовой котел модульного исполнения с естественной циркуляцией и уравновешенной тягой, который работает с использованием технологии псевдоожиженного кипящего слоя. Конструкция предполагает оптимальную комбинацию водотрубной и дымогарной технологий: 4-сторонние водяные стенки топки котла увеличивают площадь теплообмена в лучистой зоне и снижают температуру дымовых газов на входе в конвективные трубы, обеспечивая больший срок службы, а барабан котла, состоящий из двух наборов дымогарных труб диаметром 76 мм с двумя ходами дымовых газов, имеет большие объемы воды и парового пространства, создающие достаточную тепловую инерцию при работе на изменяющихся нагрузках. Поверхность раздела и высота парового пространства обеспечивают выдачу пара сухостью 98 % при всех режимах работы.

Выбор системы питания зависит от вида сжигаемого топлива, здесь возможны два варианта: во-первых, подача поверх псевдоожиженного кипящего слоя (применяется для легких видов топлива, таких, как рисовая шелуха, лузга подсолнечника, отходы кофе и т.д.), а во-вторых, комбипитание, т. е. комбинация подачи поверх слоя и под слой. Система подачи под слой подходит для мелкозернистых топлив, таких, как древесные опилки, уголь с 40 % пыли размером менее 1 мм, топливо высокой влажности и т.д. Конструкция камеры отстоя золы в топке позволяет свести к минимуму ее унос и тем самым уменьшить эрозию.

Давление пара составляет 10 или 17 бар, температура насыщенного пара на выходе – 175 и 200 °C (с пароперегревателем – до 300 °C). Котел Combipac имеет автоматизированную систему управления – логический контроллер.

Wirbel (Австрия)

В ассортименте котельного оборудования Wirbel есть несколько позиций твердотопливных котлов повышенной мощности. Wirbel EKO CK – это стальные водогрейные котлы центрального отопления, работающие на твердом топливе (дрова, уголь). Котлы предназначены для обогре-

ва средних и больших зданий площадью от 110 до 950 м². Диапазон мощностей – до 110 кВт. Регулировка процесса горения осуществляется механическим терmostатом, который с помощью цепи открывает или закрывает клапан притока свежего воздуха. Терmostат не входит в комплектацию котла. Котлы имеют лабиринтную конструкцию (топочная камера + три горизонтальных хода), позволяющую максимально использовать теплоту продуктов сгорания. Такая конструкция повышает теплоотдачу и КПД котла, а также понижает температуру и содержание вредных веществ в отходящих газах. Камера сгорания имеет большую поверхность нагрева и малое сопротивление газов. Большая дверь обеспечивает загрузку крупного топлива.



Также в линейке производителя присутствуют котлы EKO CKS. Они предназначены для обогрева средних и больших объектов и выпускаются в диапазоне мощностей от 100 до 500 кВт. Котлы также имеют лабиринтную конструкцию (топочная камера + три горизонтальных хода), которая позволяет максимально использовать теплоту продуктов сгорания. КПД котлов достигает 75 %. Камера сгорания имеет большую поверхность нагрева и малое сопротивление газов. Большая дверь позволяет загрузку крупных поленьев. Регулировка процесса горения осуществляется механическим терmostатом, который с помощью цепи открывает или закрывает клапан притока свежего воздуха. Присоединение к дымоходу может осуществляться напрямую (если тяга дымохода достаточна) или через циклон и вентилятор дымовых газов.

Озонирование охлаждающей воды

А. Кузьминкин

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

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

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

К окисляемым биоцидам относятся такие высокоактивные соединения, как хлорфенолы, нитрохлорбензол, органические соединения серы и др. Очевидно, такие вещества, как биоциды, активны не только против микроорганизмов, но и против многоклеточной флоры, и это способствует образованию токсических веществ, представляющих угрозу окружающей среде. В связи с этим данные органические соединения были запрещены в различных странах Западной Европы и

США. Это заставило искать альтернативные методы борьбы с биообразствием.

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

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

соединений хлора можно снизить, если в качестве биоцида применять диоксид хлора ClO_2 . Поскольку ClO_2 – химическое соединение, которое не проявляет длительной стабильности, его нужно заново вырабатывать каждый раз незадолго перед применением. Размеры инвестиций настолько высоки, что, за редким исключением, ClO_2 не применяется в охлаждающих системах.

Самый простой в использовании – биоцид на основе перекиси водорода H_2O_2 . Однако благодаря значительной степени разложения этого продукта в охлаждающей воде и большого расхода продукта, биоцид на основе перекиси водорода рекомендуется использовать в небольших охлаждающих системах.

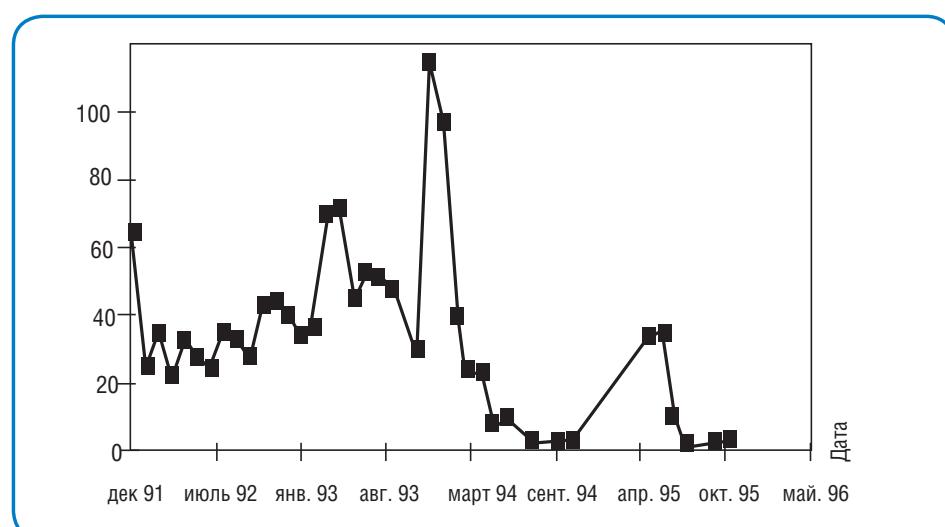


Рис. 1. Диаграмма значений химического потребления кислорода (ХПК) до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)

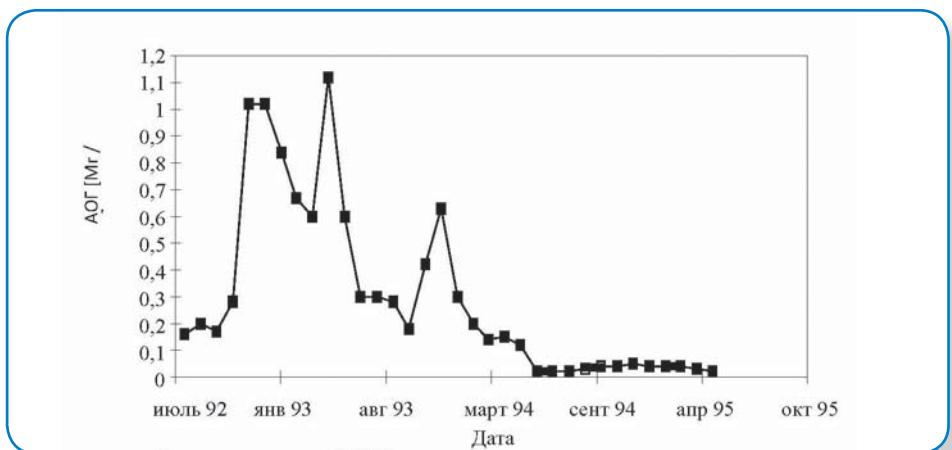


Рис. 2. Диаграмма значений АОГ до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)

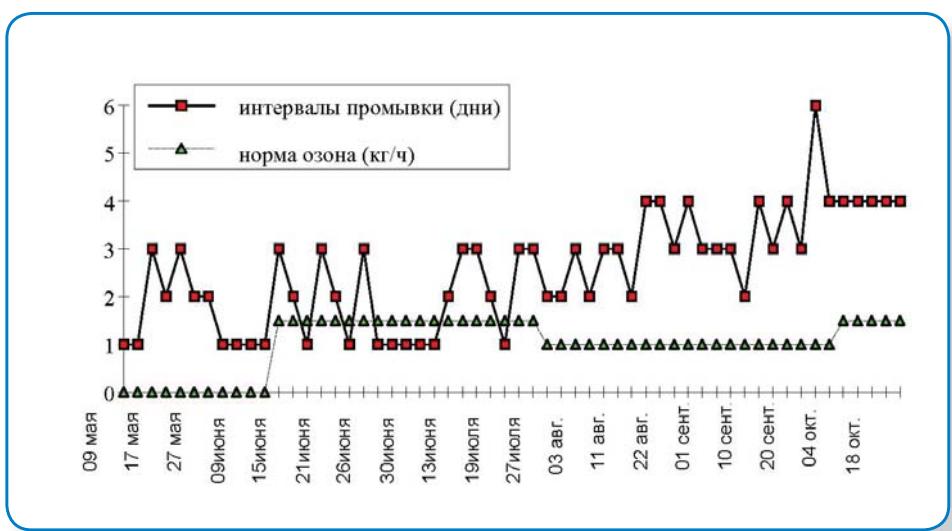


Рис. 3. Интервалы промывки и уровни дозирования озона

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

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

эффективность антикоррозийных и противонакипных ингибиторов.

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

При использовании гипохлорита или биоцидов на основе хлора во время

таких утечек результатом будет резко увеличенный уровень АОГ. Фактически при обработке озоном уровень АОГ может быть постоянным ниже 0,1 мг/л (см. рис. 2).

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

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

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

Так как общие расходы зависят от объема потребляемой энергии, принадлежностей/химикатов, обслуживания и затрат на инвестиции/амortизацию, то пропорция и местные расходы по каждой позиции в отдельности играют важную роль в определении наиболее экономичного способа обработки. Следует также отметить и то обстоятельство, что для производства озона необходимы только кислород и электроэнергия. Благодаря тому, что озон является нестойким элементом (срок «жизни» озона невелик), его необходимо производить непосредственно на месте применения, что исключает затраты на его транспортировку и хранение. Система озонирования может быть легко смонтирована либо встроена в уже имеющуюся систему. В зависимости от конструкции системы охлаждения

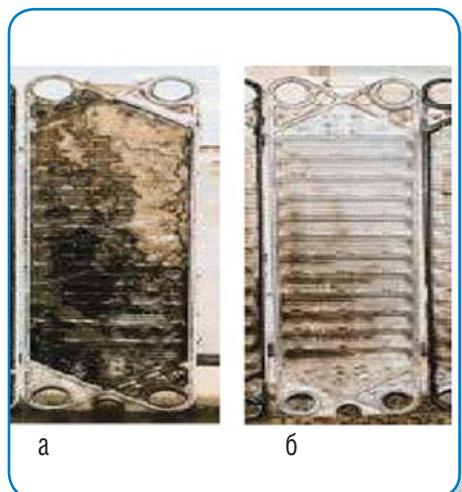


Рис. 4. Теплообменная поверхность: а – без озонирования; б – при озонировании

оzone может поступать в различные точки и разными способами. Как правило, он подается после циркуляционного насоса путем бокового впрыска, также его можно добавлять в подпиточную воду или путем диспергации в резервуаре с охлаждающей водой. Необходимая доза озона колеблется от 0,05 до 0,3 г О₃/м³. Определение дозы озона главным образом зависит:

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

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

Фильтры были установлены со стороны частичного потока для удаления избытка частиц из системы охлажде-

ния. Цикл обратной промывки запускается вручную всякий раз, когда перепад давления через фильтры достигает установленного предельного значения. На рис. 3 показано постепенное увеличение интервалов между промывками примерно через 6 недель непрерывного введения озона. До использования озона интервалы составляли от 1-го до 3-х дней. Этот показатель вырос до 6 дней спустя примерно 6 месяцев после начала применения озона.

Экономическая выгода определена, так как потери воды при обратной промывке снизились на 70 %.

Суммируя оценку стоимости и эффективности применения озона, получаем следующие ее составляющие:

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

Учитывая вышеперечисленные ко-

венные статьи экономии, озонирование получается менее дорогостоящим, чем обработка с применением органических биоцидов, гипохлорита и в большинстве случаев еще более экономичным, чем обработка хлором. Также следует отметить бесспорные экологические преимущества использования озона.

В результате применения в качестве биоцида озона получаем:

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

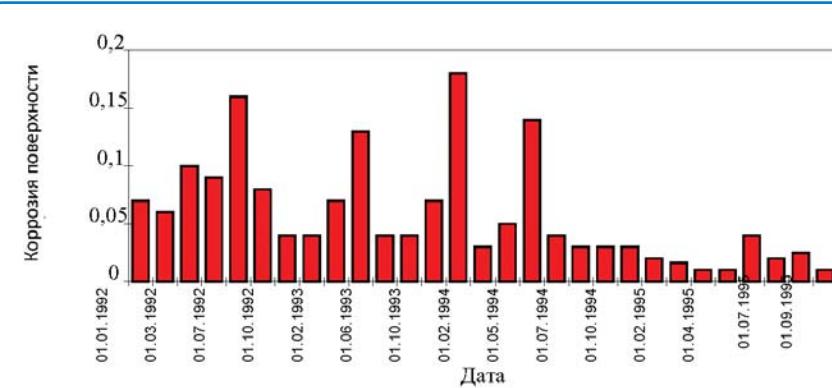


Рис. 5. Диаграмма уровней коррозии на металлическом пробном образце (St 37) до и после применения озона (озонирование начато в мае 1994 г.)

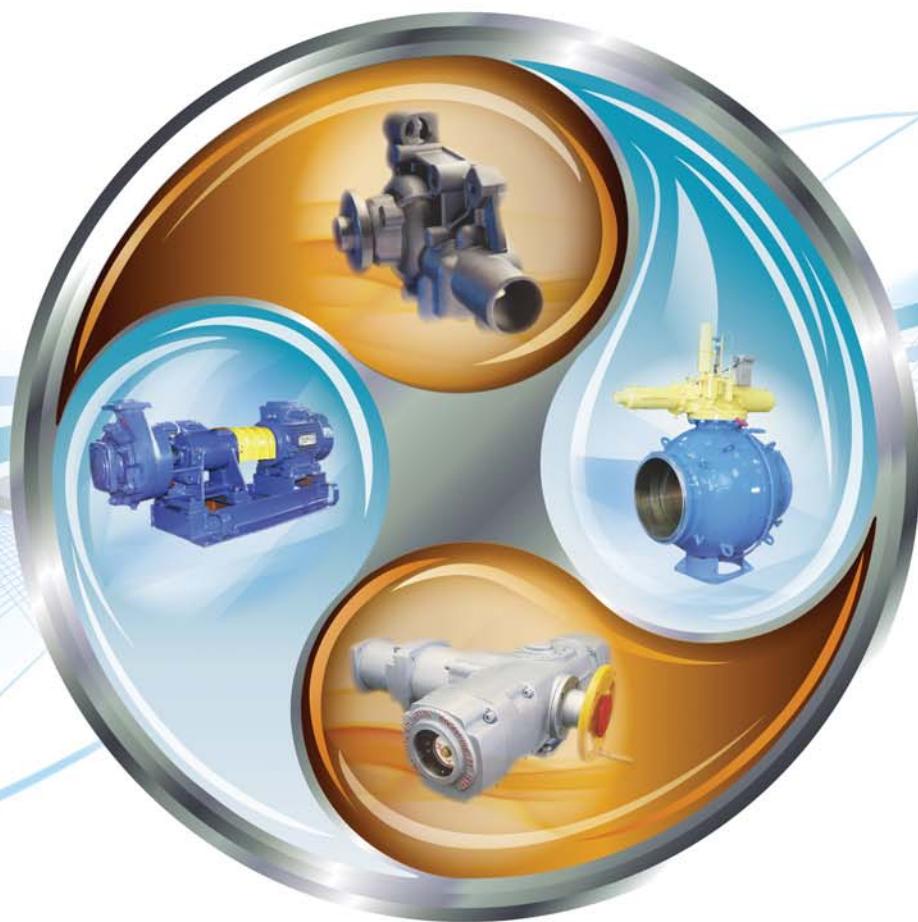


PCVEXPO



27 – 30 октября 2015 года
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»

14-я Международная выставка
«Насосы. Компрессоры. Арматура. Приводы и двигатели»



Получите билет на www.pcvexpo.ru

Организаторы:



Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: pcvexpo@ite-expo.ru

РАПН
АСКОМП
АССОЦИАЦИЯ КОМПРЕССОРЩИКОВ И ПНЕВМАТИКОВ

Генеральные информационные партнеры:



Стратегический медиа-партнер:



Проектирование котельной в 3D

А. Мордвинов

Мы живем в трехмерном мире. Мы видим в трех измерениях. Технологии 3D окружают нас повсюду – от производства кино до 3D-принтеров, на которых уже сейчас печатаются проекты жилых домов. В этой статье будут рассмотрены некоторые аспекты создания 3D-проекта котельной.

Трехмерное проектирование позволяет создать виртуальную полную копию объекта строительства, на основе которой можно осуществить анализ совместимости компонентов, выбрать наилучшее расположение деталей. Также на основе 3D-модели можно выполнить все необходимые виды и разрезы, получить абсолютно точные перечни оборудования, изделий и материалов – спецификации, ведомости материалов.

Безусловно, использование трехмерного проектирования – это не панацея при разработке проекта. Оно не поможет избежать организационных и производственных планирований и не повысит эффективность производства в один миг. Но, благодаря применению трехмерного проектирования, можно сэкономить немалые суммы, обычно уходящие на устранение ошибок проектирования, ускорить выпуск чертежей и спецификаций, значительно улучшить их качество.

В одной статье невозможно отразить всех нюансов создания проекта котельной в 3D, так как это потребует изложения подробной инструкции по работе в системе «Компас-3D» или каком-то ином программном продукте, выбранном для 3D-проектирования. Это само по себе может стать темой отдельной статьи или даже серии статей. Данный же материал содержит некоторые принципиальные особенности проектирования в 3D, которые могут помочь избежать стандартных ошибок, а также констатацию преимуществ и недостатков такого метода.

Выбор инструмента

Сегодня на рынке существует довольно много программных продуктов, которые можно использовать для создания 3D-проекта: «AutoCAD», «nanoCAD», «Free-CAD», «BRL-CAD», «SolidWorks», «T-Flex» и др.

Стоит рассмотреть достоинства и недостатки разного программного обеспечения более подробно.

В наиболее популярной среде разработки проектов «AutoCAD» при установке версии пользователь просто получает аналог кульмана – лист и инструменты черчения. Для выполнения чертежа на листе, оформленного по ГОСТ 21.101-97 ФЗ «Рабочий чертеж зданий и сооружений», пользуясь этим продуктом, придется либо начертить рамку, штамп и все остальное самому, либо искать образец документа в Интернете. Если надо оформить строительные чертежи в соответствии с нормами СПСД, придется покупать отдельное дополнение.

В «Компас-3D» все инструменты для правильного обозначения размеров, позиций и иных необходимых измерений предусмотрены в «базовом пакете».

Если в документе проекта имеется несколько десятков листов и проект необходимо предоставить заказчику для ознакомления в формате pdf, то в «AutoCAD» придется выводить каждый лист в отдельный документ, что очень неудобно как при выпуске, так и при просмотре. В «Компас-3D» конвертацию в pdf или выпуск документа сразу на принтер можно выполнить за пару кликов мышкой при любом количестве листов в документе.

Но самое главное преимущество «Компас-3D» – огромная база готовых изделий, которые могут использоваться при проектировании. Если же нужны все инструменты строительной, машиностроительной или приборостроительной тематик, то приобретается отдельное расширение, в котором уже существующие элементы дополнены максимально возможными стандартными изделиями – стенами, колоннами, швеллерами, электротехническими и другими обозначениями. Например, при проектировании обвязки котельной разумно использовать библиотеку «Трубопроводы-3D», которая при обозначении начальной и конечной точек и выборе диаметра трубопровода все остальные действия выполняет само-

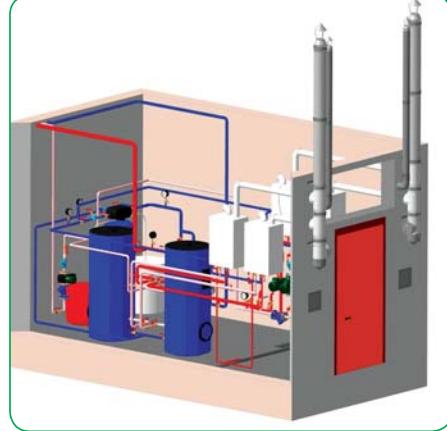


Рис. 1. Изображение котельной 100 кВт, выполненной по технологии 3D

стоятельно, даже вставляет отводы нужного диаметра. Причем данные расширения помогают автоматизировать выпуск спецификаций, стоит лишь указать, какие элементы добавить в спецификацию, а какие нет.

Данный программный продукт намного проще в освоении, может «открывать» и конвертировать файлы своих конкурентов. Среди минусов стоит отметить меньшее присутствие в проектных институтах и компаниях, но это благодаря тому, что за границей преобладает «AutoCAD». Так же обновление системы «Компас-3D» характеризуется отсутствием автоматического режима – приходится обновлять как саму программу, так и базы вручную. Но эти незначительные недостатки перекрываются упомянутыми преимуществами системы «Компас-3D».

Создание моделей

Создание котельной начинается с помещения, а так как котельная проектируется в 3D, то и помещение должно быть трехмерное. В программе «Компас-3D» процесс моделирования помещения занимает 10 мин благодаря технологии «MIND».

На следующем этапе необходимо создать детали котельной, которых нет в базе

«Компас-3D», например насосы, котлы и т. д. ГОСТовские изделия (фланцы, болты, отводы, переходы и др.) в базе присутствуют и их моделировать не нужно.

На рис. 1 представлен выполненный с помощью программы «Компас-3Д» 3Д-проект котельной мощностью 100 кВт с отоплением и горячим водоснабжением на базе отопительных котлов «Divatop H F 32» фирмы Ferroli (рис. 2). В качестве циркуляционных насосов в проект закладывались насосы «WILODPL 32/110-0,75/2» немецкой фирмы Wilo (рис. 3). В качестве запорной арматуры использованы затворы «Tecfly» фирмы Tecnofi (рис.4).

Все модели выполнены по габаритным размерам, взятым из паспортов. В свойства модели добавлена их масса, что позволяет создать спецификацию «на лету», не прибегая к ручному подсчету как количества, так и веса.

NB

Прежде чем применять технологию 3Д в проектировании, необходимо досконально изучить программу, с помощью которой решено выполнять проект. Разумно для этого приобрести курс по освоению «Компас-3Д» и приступить непосредственно к проектированию, уже изучив его. Это позволит избежать необоснованных потерь времени при нерациональном выполнении визуализации проекта. Например, придание цвета трубопроводам – можно делать сразу всей группе, в то время как неопытный пользователь программы зачастую меняет цвет у каждого участка отдельно, что отнимает много времени, терпения и сил.

Приведем несколько советов, которые помогут упростить процесс и сэкономить время при создании модели в 3Д.

1. При создании модели какого-либо изделия необязательно прорисовывать всю деталь досконально – на это уходит много времени, а деталь изнутри никто не увидит. Массу же детали можно изменить в свойствах модели. Конечно, это правомерно, если в задачу не входит разработка какого-то нового изделия, где требуется выпуск КД.

2. Не стоит делать модель из единичных деталей. Значительно удобнее, если возможно, делать подсборки, например обвязку насосов, котлов, расширительных баков. В этом случае создание окончательной модели сводится к расстановке подсборок и их обвязке трубопроводами.

3. При моделировании стоит фиксировать детали, которые наверняка уже

никуда не будут переноситься, иначе проектировщик может неприятно удивить срабатывание привязок новых деталей к существующим.

Преимущества применения технологии 3Д

Получив к исполнению проект, выполненный в 3Д, ни один монтажник не сможет сказать проектировщику, что в каком-то месте нельзя повернуть гайку, потому что ключ упирается в стену, или что монтаж данного узла невозможен по причине того, что не предусмотрено достаточно места для монтажника. Все размеры в проекте 3Д абсолютно точные, без погрешностей, а расположение всех узлов наглядно представлено виртуальной моделью.

Создать спецификацию можно за пару кликов мышкой, причем подсчитывается все – от количества кирпичей до количества шайб при болтовом соединении.

Если при монтаже возникают вопросы, то выполнение любого вида разреза или сечения занимает несколько минут, причем все происходит в автоматическом режиме, стоит лишь указать начальную и конечную точки.

Некоторые недостатки

Идеально не работает ни одна система, поэтому у данной технологии есть и недостатки.

Одним из них является необходимость моделирования деталей, из которых состоит конечная модель. Однако и при двухмерном проектировании модели все равно присутствуют на чертежах. При 3Д-проектировании данный процесс просто требует более продолжительного времени.

Некоторые сложности возникают из-за того, что трехмерное проектирование почти всегда внедряется в уже действующий алгоритм разработки проекта, в котором обычно нет ни электронного документооборота, ни технического обеспечения.

Еще одной сложностью может стать отсутствие должной подготовки кадров в области САПР. До сих пор еще не во всех проектных компаниях уверенно применяют возможности персонального компьютера, что уж в таких случаях говорить о трехмерном проектировании.

Все незначительные и преходящие минусы внедрения и применения трехмерного проектирования с лихвой компенсируются его плюсами. Да, нужно потратить определенные суммы на программное и аппаратное обеспечение. Да, следует запастись терпением и приложить силы

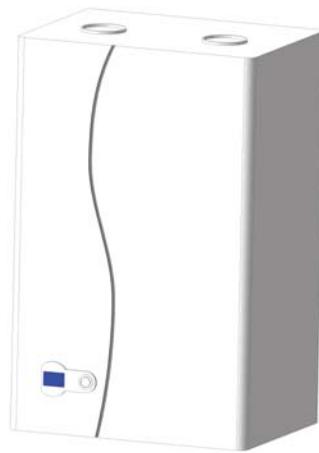


Рис. 2. Изображение модели котла «Divatop H F 32»

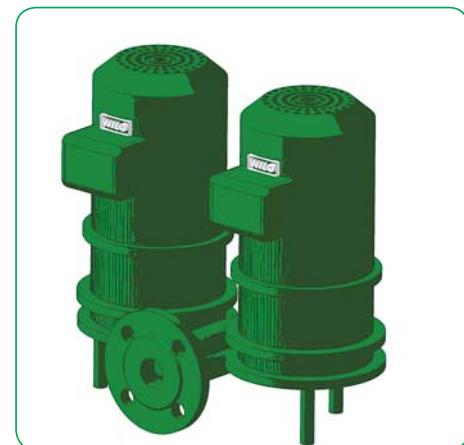


Рис. 3. Изображение модели насосов «WILODPL 32/110-0,75/2»



Рис. 4. Изображение модели затвора «TecflyДу40»

для внедрения данной технологии в коллектив. Да, последствия использования 3Д будут видны не сразу, но при долгосрочной перспективе инвестиции в оборудование и персонал позволят сделать процесс проектирования более эффективным и качественно выделяться на фоне конкурентов.

Выбор мембран для ультрафильтрации

А. Бударгин

Ультрафильтрация – баромембранный способ очистки воды от нерастворимых тонкодисперсных примесей и органических соединений и различного вида бактерий, характеризуется размером пор используемых мембран – 0,001–0,001 мкм и рабочим давлением фильтрации – 1,5–7 бар. Метод позволяет отфильтровывать частицы (в том числе и молекулы) размером 2 000–100 000 Д (Дальтон).

Ультрафильтрация воды заменяет отстаивание, осаждение и микрофильтрацию. Метод позволяет очищать воду практически от всех взвешенных частиц, крупных коллоидов, эмульсии, цист простейших, больших бактерий и водорослей.

Процесс прохождения примесей через мембранные ультрафильтрации является процессом просеивания и схож по механизму с задерживанием частиц на фильтрах механической очистки, хотя и производится под давлением. Ультрафильтрация находит применение в сфере муниципальной обработки воды (питьевая вода, сточные воды), а также при индустриальной обработке (предподготовка котловой воды, сточные воды, молочная, пищевая, нефтяная, химическая промышленность).

Установка ультрафильтрации воды представляет собой конструкцию, состоящую из отдельных мембранных модулей, через которые проходит жидкость. От количества и типоразмера модулей (площади фильтрации) зависит производительность установки.

При выборе оборудования для ультрафильтрации в первую очередь нужно ориентироваться на характеристики мембран и модулей установки. В данной статье речь пойдет о мембранных.

Значимые характеристики мембран для ультрафильтрации:

- структура мембраны (пористая или нет, каков размер пор мембраны и ее проницаемость, одно- или многоканальная структура волокна, диаметр волокон);

- материал мембраны (его гидрофильтрующие и гидрофобные характеристики);

- химические свойства мембран (стойкость к хлору, диапазон pH, который влияет на качество и возможность удаления разного типа загрязнений);

- технология промывки мембран («изнутри–наружу» или «снаружи–вовнутрь»);
- характеристики волокна в мембранах.

Выбор по структуре волокна мембранны

В большинстве случаев для ультрафильтрации применяются одноканальные волокна с внутренним диаметром 0,8 мм или меньше; для исходной воды с высоким содержанием взвешенных твердых веществ используются волокна с боль-

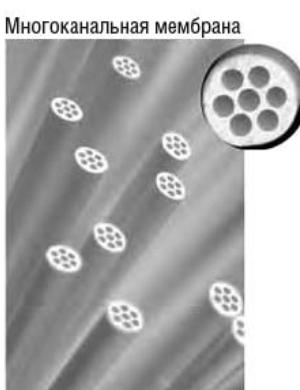


Рис. 1. Многоканальная и одноканальная мембранны в разрезе

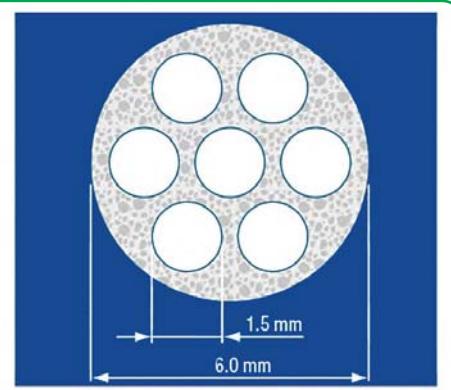
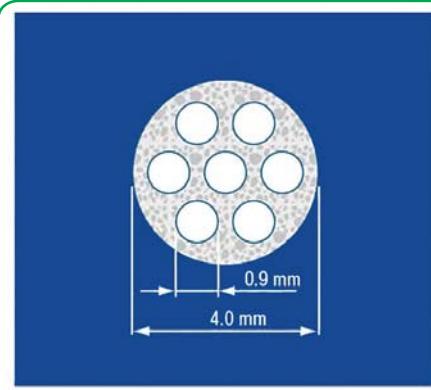


Рис. 2. Пористая структура мембранны с разным размером волокон

шим внутренним диаметром – до 1,5 мм (рис. 1).

Размер диаметра волокон является компромиссом между требующейся высокой плотностью упаковки, простотой обратной промывки, малой загрязняемостью, уровнем эксплуатационных затрат, высокой проницаемостью и в то же время высокой механической прочностью, что обеспечивает целостность мембранных. Механическая целостность является критическим фактором и напрямую зависит от наличия поврежденных волокон.

По причине их размеров, одноканальные волокна особенно хрупки к нагрузкам, которым они подвергаются во время частых циклов обратных промывок. Для многоканальных (Multibore®) волокон возможность их повреждения исключается, так как каждое волокно состоит из 7-ми капилляров с внутренним диаметром 0,9 мм, что существенно увеличивает механическую прочность и гарантирует целостность мембранных (рис. 2).

Мембранные с многоканальной структурой волокна служат дольше.

Материал мембран

Ультрафильтрационные мембранные могут быть изготовлены как из гидрофильных, так и гидрофобных материалов, причем полиэстерсульфон (PES) занимает промежуточное положение.

Характеристики полиэстерсульфона (PES) делают этот материал идеальным для смешивания с другими полимерами: при смешивании с гидрофильными полимерами гидрофильность полиэстерсульфона (PES) повышается, достигая качеств мембранных из ацетата целлюлозы. При этом получаемый материал лишен таких недостатков, как высокое биозагрязнение и малый диапазон допустимых значений величины pH, которые приводят к сложности очистки мембранных.

Полиэстерсульфон (PES) стоек к высоким концентрациям хлора, а также к изменениям величины pH в диапазоне от 1 до 13, в результате чего может эффективно проводиться очистка мембранных как от неорганических, так и органических веществ. Загрязнение, вызванное растворенной органикой, может быть эффективно удалено при обратной промывке с величиной pH, равной 12 или больше.

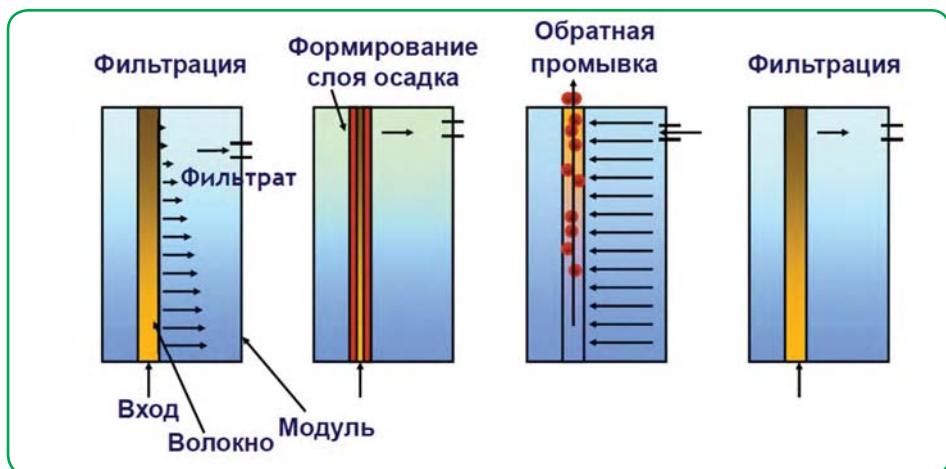


Рис. 3. Фильтрация «изнутри-наружу»

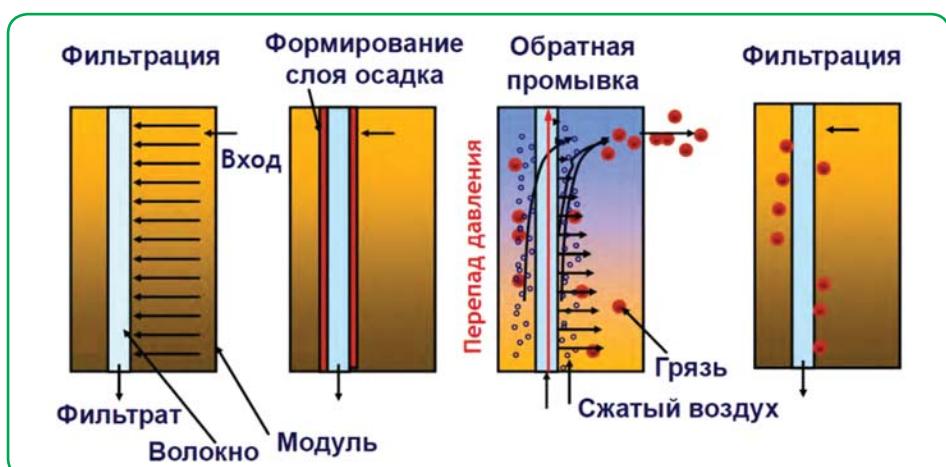


Рис. 4. Фильтрация «снаружи-вовнутрь»

Таблица. Характеристики типов фильтрации

Характеристика	Тип фильтрации	
	«изнутри-наружу»	«снаружи –вовнутрь»
Эффективность обратной промывки	Очень высокая	Средняя, необходим воздух для высокой эффективности
Удаление загрязнений	Очень хорошее	Среднее
Энергопотребление	Низкое	Среднее из-за сжатого воздуха
Риск закупоривания	Низкий	Очень низкий

Мембранные из полиэстерсульфона (PES) стойки к хлору и позволяют достигать величину pH в диапазоне от 1 до 13, обеспечивая эффективную очистку от любых загрязнений.

Подача исходной воды

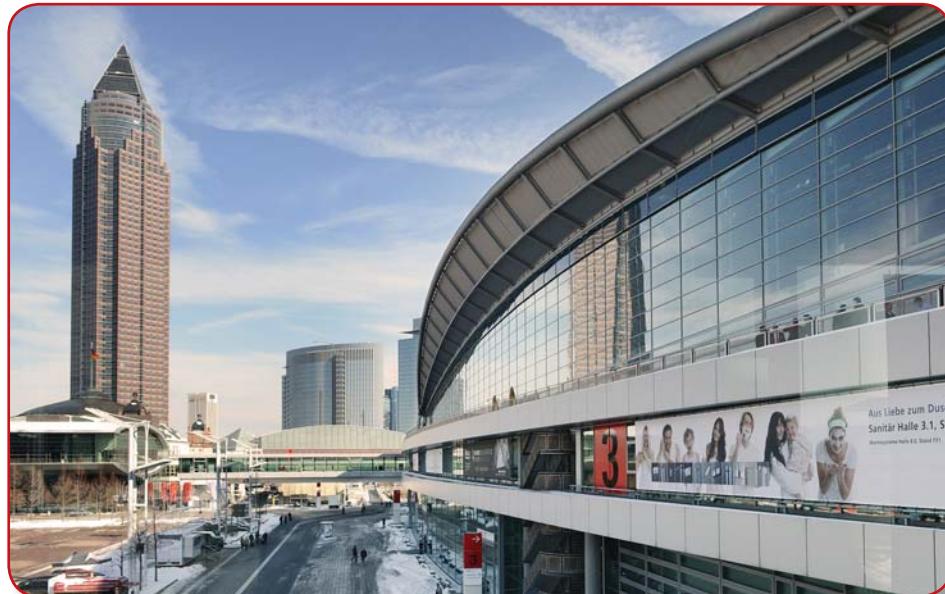
Существует два способа подачи фильтрации «изнутри-наружу» (рис. 3) и «снаружи–вовнутрь» (рис. 4) (см. таблицу).

В первом случае исходная вода вводится внутрь капилляров волокон, при этом фильтрат отводится с их внешней стороны (режим «in-out»). Во втором – подача исходной воды будет осуществляться снаружи мембранных, при этом фильтрат будет выходить из капилляров.

При обратной промывке направления потоков меняются на противоположные (по сравнению с режимом фильтрования).

Выставки в кризис

Наталья Гомер, руководитель проекта Interlight Moscow powered by Light+Building



Сегодня, в сложной экономической ситуации, у ряда компаний возникают сомнения о необходимости участия в выставочных мероприятиях. Многие задаются вопросом «Чем выставка может быть лучше обычных продаж или любых других способов, которые безуспешно используют каждый день?»

А стоит ли компаниям вообще участвовать в кризис в выставках?

Давайте вместе разберемся в этом вопросе.

С одной стороны – нехватка средств, сокращение прибыли, минимизация или отсутствие маркетинговых бюджетов. В результате возникает желание сэкономить и отказаться от участия в выставках. С другой – в кризис особенно нужна оперативная информация о состоянии рынка и личное общение с клиентом.

Что же делать? Согласно статистике количество качественных посетителей на выставках – первых лиц, сотрудников, обладающих полномочиями принимать решения – в кризисный период растет.

Почему это происходит? Кризис стимулирует желание получать информацию из первых рук, лично устанавливать и

поддерживать деловые контакты, сравнивать и выбирать актуальные предложения и продукты. Посетители приходят на выставки, чтобы оперативно оценить текущее положение дел, быть в курсе событий, увидеть, в каком состоянии находятся игроки рынка, найти точку опоры для принятия правильных решений.

На выставки приходят наиболее заинтересованные и перспективные клиенты. Они тратят свое время и деньги на посещение выставки, находятся в активной фазе поиска и сбора информации, сознательно заходят на стенды и проявляют интерес к товарам или услугам. Очевидно, что они более восприимчивы к предложениям экспонентов. Кто-то теряет постоянных поставщиков и ищет им замену, кто-то пересматривает ассортимент и позиционирование и выбирает продукцию другого ценового сегмента, кто-то «на всякий случай» присматривает альтернативу тому, что использует сейчас.

Выставки привлекают наиболее платежеспособных клиентов. Согласно исследованию, опубликованному компанией Continental Exhibitions, посетите-

ли выставок тратят существенно больше тех, кто не посещает выставочные мероприятия.

Кризис производит своеобразное «обнуление» отношений, поэтому появляются возможности привлечь новых клиентов, которые в других обстоятельствах даже не стали бы рассматривать предложения о сотрудничестве.

В то же время растет риск потери постоянных клиентов. По результатам опроса Incomm Center for Research & Sales Training (США), 91 % посетителей расценивают отсутствие компании на ведущей выставке как «тревожный сигнал».

В кризисные времена клиенты как никогда нуждаются в чувстве уверенности в компании, с которой работают. Не секрет, что многие клиенты расценивают ежегодное участие компании в отраслевых выставках как индикатор успешности и стабильности.

Руководители крупнейших компаний мира ставят выставки на первое место среди прочих средств маркетинговых коммуникаций. Мировая статистика утверждает, что у большинства компаний 40 % продаж происходит за счет выставок.

В отношении маркетинговых исследований и корпоративного позиционирования статистика подтверждает, что выставки позволяют решить сразу несколько задач одновременно. По результатам опроса, 63 % респондентов определили выставки как идеальное средство для демонстрации присутствия на рынке, 50 % – для обмена и сбора информации, 50 % – для выявления потребностей и запросов клиентов.

Выставка – это отличная возможность показать, что Вам можно доверять, вселить в клиентов уверенность, что с Вами проходит кризис гораздо надежнее.

Так что принципиальный ответ на вопрос «Стойти ли участвовать в выставках во время кризиса?» очевиден – «Да, стоит!»

20-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

бытового и промышленного оборудования
для отопления, водоснабжения, сантехники,
кондиционирования, вентиляции, бассейнов,
саун и СПА

aqua THERM

MOSCOW

2-5 февраля 2016

Крокус Экспо | Москва

www.aquatherm-moscow.ru



Developed by:

 Reed Exhibitions®
Messe Wien

Организаторы:

 Reed Exhibitions®

 ITE
группа компаний

Специализированные разделы:

 World of
Water & Spa

 Климатическое
Оборудование

Специальный проект:

 new
energy

Реклама



Календарь специализированных выставок на июль–декабрь 2015 г.

Выставки	Время проведения	Место проведения	Информация
Российские			
Тыва Экспо – 2015: Строительство. Энергетика. ЖКХ	21–23 августа	Кызыл, УСК «Субедей»	www.ses.net.ru
Китайская национальная выставка	26–28 августа	Москва, Крокус Экспо	www.dalexpo.vl.ru
Экотехнологии и оборудование XXI века	2–4 сентября	Казань, ВЦ «Казанская ярмарка»	www.expoecology.ru
Коттеджное строительство	9–12 сентября	Челябинск, Ледовая арена «Трактор»	www.expochel.ru
Балтийская строительная неделя	12–14 сентября	Санкт-Петербург, ВК «Ленэкс-спо»	www.allfairs.ru
Строительство	16–18 сентября	Владивосток, «Дальэкспоцентр»	www.dalexpo.vl.ru
Уралстройиндустрия	22–25 сентября	Москва, ВДНХ Экспо	www.bvkexpo.ru
ПромЭКСПО	23–25 сентября	Волгоград, ВЦ «Волгоград Экспо»	www.volgogradexpo.ru
СтройЭКСПО. ЖКХ	23–25 сентября	Волгоград, ВЦ «Волгоград Экспо»	www.volgogradexpo.ru
Строительство. Энергетика. ЖКХ	24–26 сентября	Братск	www.ses.net.ru
Дом – 2015. Современная усадьба	29 сентября–1 октября	Якутск, СК «50 лет Победы»	www.ses.net.ru
Энергетика. Электротехника	29 сентября–2 октября	Пермь, ВЦ «Пермская ярмарка»	www.expoperm.ru
Вода. Тепло. ЖКХ	29 сентября–2 октября	Пермь, ВЦ «Пермская ярмарка»	www.expoperm.ru
Международный осенний строительный форум. Инженерные коммуникации зданий	30 сентября – 2 октября	Казань, ВЦ «Казанская ярмарка»	www.encomexpo.ru
Международная выставка оборудования и технологий для городской коммунально-инженерной инфраструктуры	6–9 октября	Новосибирск, ВЦ «Новосибирск Экспоцентр»	www.sibpolytech.sibfair.ru
CityBuild	16–18 октября	Москва, ВВЦ	www.exporu.all.biz
XV Российский энергетический форум	20–23 октября	Москва, ВДНХ Экспо	www.bvkexpo.ru
Энергосбрежение. Светотехника. Кабель	20–23 октября	Москва, ВДНХ Экспо	www.bvkexpo.ru
Строительство. Энергетика. ЖКХ	21–23 октября	Новый Уренгой	www.ses.net.ru
Строительный форум «SOCHI-BUILD-2015»	21–24 октября	Сочи, выставочные павильоны на территории аква-парка «Маяк»	www.sochi-expo.ru

Выставки	Время проведения	Место проведения	Информация
Красивые дома	22–25 октября	Москва, Крокус Экспо	www.crocus-expo.ru
Строительный комплекс Большого Урала	27–29 октября	Екатеринбург, МВЦ «Екатеринбург-Экспо»	www.uv66.ru
WASMA (оборудование и технологии для сбора, переработки и утилизации отходов)	27–29 октября	Москва, КВЦ «Сокольники»	www.wasma.ru
PCVExpo. Насосы. Компрессоры. Аппаратура	27–30 октября	Москва, Крокус Экспо	www.pcvexpo.ru
HI-TECH BUILDING'2015 Международная выставка по автоматизации зданий	28–30 октября	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	www.expoctrn.ru
INTERLIGHT MOSCOW POWERED BY LIGHT+BUILDING Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий	28–30 октября	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	www.expoctrn.ru
Москва – энергоэффективный город	28–30 октября	Москва, Новый Арбат, 36	www.events.abok.ru
Кузбасская международная неделя комфорта	17–20 ноября	Кемерово, СРК «Байконур»	www.exposib.ru
Сибирский энергетический форум	24–27 ноября	Красноярск, МВДЦ «Сибирь»	www.krasfair.ru
<hr/>			
Зарубежные			
Interbuild Qingdao	17–19 июля	Циндао, Китай	www.cbe-qd.com
Aqua-Therm Almaty	2–5 сентября	Алматы, Казахстан	www.aquatherm-almaty.kz
KazBuild	2–5 сентября	Алматы, Казахстан	www.kazbuild.kz
Будпрагрэс	8–11 сентября	Минск, Беларусь	www.expoby.all.biz
European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (солнечная энергетика)	15–17 сентября	Гамбург, Германия	www.photovoltaic-conference.com
ЕКОТЕННО. Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии	16–18 сентября	Загреб, Хорватия	www.zv.hr
Turkeybuild	1–4 октября	Анкара, Турция	www.yemfuar.com
World Efficiency	13–15 октября	Париж, Франция	www.pollutec.com
Energy Expo	13–16 октября	Минск, Беларусь	www.tc.by
Водные и воздушные технологии	13–16 октября	Минск, Беларусь	www.expo.proektant.by
Стройэкспо	13–16 октября	Минск, Беларусь	www.belexpo.by
China WindPower	14–16 октября	Пекин, Китай	www.globalwind.org.cn
Saie Smart House	14–17 октября	Болонья, Италия	www.saie.bolognafiere.it
Среда и энергия	15–18 октября	Рига, Латвия	www.bt1.lv
Baku Build	21–24 октября	Баку, Азербайджан	www.bakubuild.az
Turkeybuild	5–8 ноября	Измир, Турция	www.yemfuar.com
Water Expo China (водные технологии)	18–20 ноября	Пекин, Китай	www.waterexpochina.com
Salon de la Piscine & du Spa (бассейны и СПА-технологии)	5–13 декабря	Париж, Франция	www.salonpiscineparis.com

Дрова как топливо

«Берегите дрова!» – призывал выдающийся российский теплотехник Карл Васильевич Кирш читателей своей монографии «Дрова как топливо», изданной в 1919 г. Тепловым комитетом при Политехническом обществе МВТУ. К тому времени в результате хозяйственного упадка, вызванного мировой войной и хаосом двух революций, добыча и доставка потребителям угольного, нефтяного и торфяного топлива оказались настолько подорваны, что дрова стали почти единственным топливом не только для населения, но и для транспорта и промышленности. При этом дров крайне не хватало. Одной из первостепенных задач момента ученый считал обеспечение экономичного сжигания древесины, вот и спешил поделиться с коллегами обобщенными материалами по данному вопросу. Подборка сведений из монографии будет интересна и современному читателю.

Среднее значение теплоты сгорания органической древесной массы, определенное в калориметрической бомбе, составляет 4450 кал/кг. При этом минимальное значение (4370) приходится на иву, а максимальное (4560 кал/кг) – на сосну.

Другой важный параметр – удельная масса древесины. Для ели, ивы и липы он составляет 0,49 (при условии 15 %-ной

влажности и плотной укладке), для дуба – 0,76 т/м³.

Береза, отчасти хвойные породы дают весьма густое, богатое углеводородами и потому сильно теплоизлучающее пламя. Напротив, осина горит сравнительно прозрачным синеватым пламенем, более богатым оксидом углерода (CO), который менее горюч, чем углеводороды. Поэтому соответствующие породы дров также отличаются своими горючими свойствами. Состав выделяемых при горении газов отражается и на размере получаемого пламени. Так, высота пламени сосны, березы, ели и ольхи находится приблизительно в соотношении 100 : 75 : 70 : 50.

Теплота сгорания дров может значительно уменьшиться при выщелачивании их в воде (например, при сплаве). Так, после семи дней сплава иногда наблюдается ее снижение на 9–10 %.

Поскольку сера в дровах отсутствует, их балласт (нестрогаемая часть) состоит из золы и влаги. Если в крупном стволе содержание золы составляет 0,7–2 % (при влажности 0 %), то в коре оно достигает 3–4 %, а в сплавных дровах, загрязненных песком и илом, может доходить до 4–6 %. Зольность листвьев – до 7 %.

Главная составляющая балласта – влага. Влажность растущего дерева

варьируется в диапазоне 45–60 %, доходя у тонких ветвей до 65 %. Наименьшая влажность отмечается осенью, наибольшая – в июне–июле. У березы и дуба она составляет около 45 %, у ели и сосны – около 55 %. Кроме того, на влажность оказывают влияния состав почвы, условия роста и другие факторы.

В обычных условиях под сухими, пригодными для употребления дровами подразумеваются дрова с влажностью 25–30 %. Их рабочая теплота сгорания – 3100–2900 кал/кг. При досушивании распиленных и расколотых дров в течение года–двух их влажность уменьшается до 15 (хвойные породы) или 18 (лиственые) %, а теплота сгорания увеличивается до около 3500 кал/кг.

Однако в 1919 г. на такое качественное топливо рассчитывать не приходилось. Для упрощения заготовки дрова пилились на брусья длиной до 3 аршин (1 аршин = 71,12 см), не раскалывались и не очищались от коры. Именно два последних обстоятельства резко замедляли сушку.

Так, если обесшкуренное полено в августе–сентябре в течение четырех дней теряет 40 % своей основной влаги (причем 34 % – в течение одного дня), то неочищенное за тот же период – только 1 %.



В период деятельности К.В. Кирша в Тепловом комитете (1917–1919 гг.) на практике регулярно приходилось иметь дело с дровами низкого качества – не только не высушенными, но и, например, подвергавшимися длительному выщелачиванию водой, загрязнению илом и песком. Теплота сгорания таких дров нередко составляла всего 1400–1500 кал/кг.

Примечательно, что в приведенных в монографии таблицах наряду с древесными породами фигурирует такое топливо, как сырья отрубина (неотжатые и невысушенные отходы кожевенного производства) с рабочей теплотой сгорания 860 кал/кг.

Сравнение дров с угольным топливом иллюстрируется следующим отношением: для помещения 1 Мкал требуется 133 л донецкого антрацита, 335 л подмосковного курного угля, 590 л дуба или 950 л ели (при влажности 30 %). Малая теплота сгорания дров не только играет огромную роль в вопросах их перевозки, но и оказывает доминирующее значение на конструкции топочных устройств.

Вместе с тем ученый отмечает, что высокая теплота сгорания органической массы торфа (4750–6210 кал/кг) и курного угля (7000 кал/кг) значительно сокращается из-за большого количества минеральных примесей. Поэтому рабочая теплотворность сухих дров, среднего торфа и подмосковного курного угля весьма близки.

Процесс горения дров содержит две стадии: горение на решетке или в слое и горение в топочном пространстве. Первая стадия влияет, прежде всего, на мощность топки, обусловливая полное или частичное окисление того или иного количества топлива. Это количество зависит в первую очередь от предоставления проходящему потоку воздуха доступа к достаточной поверхности топлива.

Вторая стадия – горение в топочном пространстве – прежде всего, сказывается на экономичности работы топки. Работа топочного устройства осложняется непостоянством процессов по времени (от загрузки до загрузки).

Для сжигания всех видов топлива с

выходом летучих веществ характерна нехватка воздуха вскоре после новой загрузки. При сжигании дров неравномерность процесса несколько сглаживается тем, что большая влажность и малая относительная поверхность кусков дров задерживают выход летучих, продлевая его по времени. В весьма большом топочном пространстве, соответствующем значительному выходу летучих, удавалось добиться относительно благоприятных результатов даже при ручных топках и загрузке на горящий слой.

Наиболее благоприятными К.В. Кирш считал условия, создаваемые всеми топками с горизонтальным отводом газов (внешние топки цилиндрических котлов) и топками в жаровых трубах. Движение газов параллельно слою топлива облегчает перемешивание выделяющихся из разных участков слоя свободного кислорода и несгоревших газов, а достаточно длинный путь по просторным каналам вдоль поверхности нагрева способствует догоранию несгоревших газов.

Иная ситуация имеет место в случае топок, помещенных под горизонтально-водотрубными котлами с вертикальными газоходами. Чтобы обеспечить в них сколько-нибудь удовлетворительное сжигание дров приходится увеличивать высоту топочного пространства (от решетки до труб) до 2500–3000 мм. В противном случае возможно слишком раннее охлаждение несгоревших газов при попадании их в тесное межтрубное пространство. Необходимое удаление слоя топлива от поглощающей теплоту поверхности приобретает еще большее значение при сжигании сырых дров, когда трудно обеспечить достаточную температуру в топочном пространстве.

Толщина слоя дров на решетке должна быть подобрана таким образом, чтобы проходящий воздух встречал достаточную (по размеру и способности к окислению) поверхность и чтобы свободного



кислорода хватило (без избытка) для окисления всех выделившихся летучих горючих веществ. Очевидно, что толщина слоя зависит от степени горючести дров (для осины больше, чем для березы).

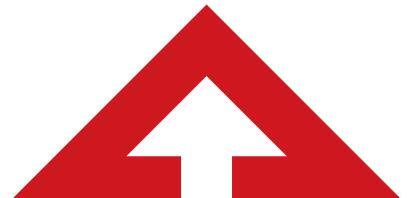
Сжигание дров под котлами с вертикальным отводом газов и при ручной загрузке через открытую дверку должно производиться в топках с механическими вентиляторами. При сжигании дров в жаротрубных котлах с горизонтальным отводом газов можно обойтись без дутья.

Словарь терминов

Калориметрическая бомба – герметически закрывающийся металлический сосуд, используемый для опытного определения теплоты сгорания топлива. Для этого в бомбу, помещенную в сосуд с водой, вводят топливо (1–1,3 г) и наполняют ее кислородом через специальное отверстие. Затем топливо поджигается электрической искрой, выделяющейся при его горении тепло нагревает воду. По разнице температуры воды до и после сгорания топлива рассчитывается количество тепла.

2016

ПОДПИСКА



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

Вы можете подписаться в почтовом отделении:

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

Подписной индекс – 41057

Через альтернативные агентства подписки:

Москва

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

Регионы

- ООО «Прессмарк», www.press-mark.ru,
- «Пресса-подписка» www.podpiska39.ru,
- «Агентство «Урал-Пресс», www.ural-press.ru.

Для зарубежных подписчиков

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

Через редакцию на сайте www.aqua-therm.ru:

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

ЗАЯВКА НА ПОДПИСКУ

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

Ф. И. О.

Должность

Организация

Адрес для счет-фактур

ИНН/КПП/ОКПО

Адрес для почтовой доставки

Телефон

Факс

E-mail

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

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

ufi
Approved Event



котлы и горелки

BOILERS AND BURNERS

6-9 октября 2015

Санкт-Петербург

V Международный Конгресс



Энергосбережение и
энергоэффективность –
динамика развития



ОРГАНИЗATOR **FareEXPO**
PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER



Тел.: +7(812) 777-04-07; 718-35-37
st@farexpo.ru www.farexpo.ru

Генеральный
бизнес-партнер:

ЭКСПЕРТ
СЕВЕРО-ЗАПАД

Стратегический
информационный партнер:

КОТЕЛЬНЫЕ
МИНИ-ТЭЦ

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
Конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ»
Петербургское шоссе, 64/1

М П Н У



ОАО «МПНУ ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ»

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



Реклама

М П Н У



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