

# КОТЕЛЬНЫЕ И МИНИ-ТЭЦ



## Котельные

Гидроудары  
в пароконденсатных  
системах  
16

## Обзор рынка

Конденсатоотводчики  
импортные  
и отечественные  
34

## Когенерация

Очистка парового  
конденсата от железа  
и масел  
38



## Содержание

**2** Новости

**8** Пар и конденсат

**12** Выбор диаметра конденсатных трубопроводов

**14** Решение проблемы пролетного пара

**16** Гидроудары в пароконденсатных системах в вопросах и ответах

**18** Энергосбережение в паровом хозяйстве предприятия. Продувки

**22** О когенерации в перспективе

**24** Автономное энергоснабжение в примерах

**28** Методы очистки попутного нефтяного газа от сероводорода

**30** В Белоруссии открылось представительство БПЦ

**32** Содружество большой и малой энергетики

**34** Обзор рынка: конденсатоотводчики

**38** Обезжелезивание парового конденсата

**40** Обезмасливание парового конденсата

**44** Химические методы борьбы с коррозией конденсатопроводов

**46** О сточных минерализованных водах котельных

**49** О безопасности газоиспользующего оборудования

**50** СРО: об изменениях в законодательстве

**52** Конденсатоотводчики в Интернете

**54** О выборе конденсатоотводчика

**57** Конденсатоотводчики Miyawaki для паровых систем

**58** О теплотехнических испытаниях высоконапорных паровых котлов СКБК

**60** SHK Moscow: итоги и планы

**62** Памяти Евгения Федоровича Кургаева

Уважаемые коллеги!

В этом номере нашего журнала большинство материалов посвящено пароконденсатным системам. К сожалению, еще и сегодня промышленные котельные многих предприятий России «украшают» облака несконденсировавшегося пара, который вырывается из вестовых труб конденсатных баков.

Все руководители этих предприятий понимают, что это плохо, но не знают – насколько. Но мы-то с вами знаем, что при конденсации выделяется скрытая теплота парообразования, которая по величине почти в шесть раз выше теплоты, остающейся в конденсате.

Мы постарались представить вам информацию, позволяющую более профессионально подходить к выбору оборудования конденсатных систем, в частности, конденсатоотводчиков, и надеемся, что это поможет убрать часть неестественных облаков пролетного пара, сэкономить огромное количество топлива и уменьшить тлетворно-теплотворное воздействие на климат.

*Руслан Ширяев,  
издатель, Президент Клуба  
теплоэнергетиков «Флогистон»*

Генеральный директор  
Лариса Шкарубо  
E-mail: magazine@aquatherm.ru  
Главный редактор  
Михаил Лукьянцев  
lukyantsev@aquatherm.ru  
Выпускающий редактор  
Аркадий Лыгин  
Служба рекламы и маркетинга  
Тел.: (495) 751-67-76, 751-39-66  
Ольга Попова  
E-mail: sales@aquatherm.ru  
Михаил Илюшкин  
E-mail: book@aquatherm.ru

Члены редакционного совета  
Р. Я. Ширяев, генеральный директор  
ОАО «МПНУ Энерготехмонтаж», президент клуба теплоэнергетиков «Флогистон»  
Н.Н. Турбанов, технический директор Группы компаний «Рзинбоу»  
В.Р. Котлер, к. т. н., заслуженный энергетик РФ, ведущий научный сотрудник Всероссийского теплотехнического института,

лауреат премии РФ в области науки и техники  
В.В. Чернышев, начальник отдела котлонадзора и надзора за подъемными сооружениями  
Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору  
Научный консультант Яков Резник

Учредитель журнала  
ООО «Издательский Центр «Аква-Терм»

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

Полное или частичное воспроизведение или размножение каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.  
За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

**Фото на 1-й стр. обложки:  
«Импульс-Техно»**

## Две котельные – в сжатые сроки

Завод блочно-модульных котельных «ЭнергоЛидер» (Екатеринбург) приступил к строительству двух объектов в г. Бисерт (Свердловская обл.): Центральной городской котельной (мощность – 13,2 МВт) и котельной городской больницы (4,2 МВт).

Первый объект, который должен заменить устаревшую и высокочрезвычайно затратную в эксплуатации существующую котельную на мазуте, оснащается тремя трехходовыми жаротрубными водогрейными котлами WOLF GKS Dynatherm-4000. На втором объекте устанавливаются два котла WOLF Duootherm-1600 и один Duootherm-1100. Изготовитель котельного оборудования – ОАО «Вольф Эндерджи Солюшен».

Весь комплекс работ будет выполнен в сжатые и оговоренные с заказчиком сроки: по Центральной городской котельной – до 1 декабря, по котельной городской больницы – до 30 декабря 2010 г. Начало пусконаладочных и режимно-наладочных работ – соответственно 1 декабря 2010 г. и 15 января 2011 г.

Расчетный срок окупаемости проекта – 2–3 года. Срок эксплуатации котельных – 20 лет.

Инвестор проекта – ЗАО «Регионгаз-инвест». Строительство ведется в соответствии с «Программой по энергоресурсосбережению правительства Свердловской области».



## ГПУ Loganova в Таганроге

Компания «Будерус Отопительная Техника» сообщила о вводе в опытную эксплуатацию новой блочной газовой теплоэлектростанции. ГПУ Loganova имеет электрическую мощность 238 кВт. Она установлена в районной котельной мощностью 110 МВт Таганрога для обеспечения собственных нужд в электроэнергии. Установка работает параллельно с электрической сетью, обеспечивающей пиковые нагрузки. Вырабатываемое ГПУ тепло поступает в общую систему теплоснабжения района.

Работы проведены в рамках совместной программы ОАО ТЭПТС «Теплоэнерго» и Европейского банка реконструкции и развития. Программа модернизации городских объектов теплоснабжения предусматривает усовершенствование и замену отопительных котлов в городских котельных, приобретение когенерационных установок, а также монтаж индивидуальных тепловых пунктов.

Электрическая мощность модельного ряда ГПУ Loganova, выпускаемых компанией Buderus (Германия), – от 50 до 2000 кВт, тепловая – от 81 до 2000 кВт. КПД в зависимости от модели и режима работы – 32,8–42 % (по электричеству) и 40–58,1 % (по теплу). Установки комплектуются газопоршневыми двигателями MAN или MWM (бывш. Deutz) и генераторами Leroy Somer. Ресурс двигателя (до капитального ремонта) – 60 тыс. ч.

Электрическая мощность модельного ряда ГПУ Loganova, выпускаемых компанией Buderus (Германия), – от 50 до 2000 кВт, тепловая – от 81 до 2000 кВт. КПД в зависимости от модели и режима работы – 32,8–42 % (по электричеству) и 40–58,1 % (по теплу). Установки комплектуются газопоршневыми двигателями MAN или MWM (бывш. Deutz) и генераторами Leroy Somer. Ресурс двигателя (до капитального ремонта) – 60 тыс. ч.



## Котельная на биотопливе – за три недели

18 сентября состоялось торжественное открытие и пуск первой очереди блочно-модульной котельной в пос. Коммунистический (Советский район, ХМАО). В ней установлено три котла RHK-AK2000 единичной мощностью 2 МВт, изготовленных германской фирмой Heizomat. Топливом служит щепа, в дальнейшем планируется переход на пеллеты.

Подрядчик, ЗАО «Уральская энергосберегающая компания «КОРАЛ» (Екатеринбург), выполнил работы по обвязке, монтажу оборудования и пуску котельной в предельно сжатый срок – за три недели.



## Открылся Центр энергетических технологий GE

Торжественная церемония открытия Центра энергетических технологий компании GE (США) прошла в технопарке «Росва» (Калужская обл.) 8 ноября 2010 г. В ней приняли участие руководители компании и посольства США, представители местных властей и духовенства.

Со вступительным словом выступил Рон Поллет, президент и главный исполнительный директор GE в России и СНГ. Компания рассматривает Россию как стратегический рынок, отметил он. Локализация, то есть развитие производства и сервиса, обучение персонала на местах, – важная часть политики компании. В ближайших планах значится открытие аналогичного центра на Урале.

Джон Креники, вице-председатель GE, президент и главный исполнительный директор GE Energy, подчеркнул высокий научно-технический потенциал региона, с высшими и специальными учебными заведениями которого компания поддерживает тесные связи.

Губернатор Анатолий Артамонов упомянул о давних традициях энергетического машиностроения в регионе и выразил решимость всемерно содействовать успеху инвесторов. «Росва» – один из шести промышленных парков области, напомнил он.

Джон Байерли, посол США в РФ, назвал открытие центра «прямыми инвестициями в инновационное развитие российской экономики». Для России и США сотрудничество плодотворнее, чем соперничество, подытожил он.

Подробнее об объекте рассказал во время экскурсии по цеху исполнительный директор GE Energy в России Руслан Пахомов. Две первые очереди предназначены для обследования и ремонта теплонапряженных частей турбин – топливных форсунок и камер сгорания, крышек, переходных секций. В дальнейшем будут обустроены цеха для капитального ремонта крупногабаритного оборудования. Так, третий отсек, оснащенный кранами грузоподъемностью 100 т, будет обслуживать роторы газовых турбин большой мощности, а четвертый – газопоршневые двигатели GE Jenbacher. Общая площадь центра – 7800 м<sup>2</sup>. Строительство длилось 20 месяцев (соглашение подписано в марте 2009 г.).

Сотрудничество американского энергетического гиганта с нашей страной началось в 20-х годах прошлого века в период реализации ленинского плана ГОЭЛРО. По данным компании, к настоящему времени в России работает более 600 газовых турбин GE, 660 компрессоров, 69 паровых турбин и свыше 800 единиц вспомогательного оборудования. Также в нашей стране установлено более 280 газопоршневых двигателей GE Jenbacher.



## Продукция «Дорогобужкотломаш» аттестована Газпром

Водогрейное оборудование ОАО «Дорогобужкотломаш» (Смоленская обл.) прошло аттестацию в Управлении энергетики ОАО «Газпром», подтвердив свое соответствие требованиям газовой промышленности. Свидетельства получили водогрейные котлы мощностью от 0,05 до 11,63 МВт и блочно-модульные котельные мощностью от 0,22 до 18,5 МВт.

Система аттестации и отбора энергетического оборудования создана газовым концерном для организации и проведения работ по подтверждению соответствия продукции Федеральным нормам промышленной безопасности и условиям эксплуатации на объектах ОАО «Газпром».



**«ПЕРЛОВСКИЙ»**

Поставка широкого спектра горелочных устройств, паровых и водогрейных котлов, транспортабельных котельных, систем автоматки, котельно-вспомогательного оборудования отечественных и зарубежных производителей.

Тел: (495) 581-95-85, 581-60-66, 600-34-98  
E-mail: id-p08@yandex.ru, idperlovsky@yandex.ru  
www.id-p.ru  
141011, Мос обл., г. Мытищи, ул. Коммунистическая, 23

Реклама

## Электрический КПД – 47 %

Компания «Энерготех» (Москва) сообщила о повышении значения электрического КПД газопоршневых установок APG1000 до рекордного значения в 47 %. Измерения проводились на демонстрационном двигателе APG1000, работающем в простом цикле (без утилизации тепла выхлопных газов) с частотой вращения вала 1800 об/мин.

Изготовитель двигателя – американская компания Waukesha Engine Dresser. Измерения сделаны для проверки результатов НИОКР, проведенных в рамках второго этапа реализации американской национальной программы ARES (Advanced Reciprocating Engine Systems) по усовершенствованию газопоршневых установок.

Программа ARES была запущена Департаментом энергетики США (DOE) в 2001 г. Ее цель – развитие производства газовых двигателей мощностью 1–6,5 МВт, обладающих высоким КПД и соответствующих современным экологическим требованиям. Другие требования: надежность и большой ресурс. Участниками программы, разбитой на три этапа суммарной продолжительностью 10 лет, стали три ведущих производителя газопоршневых двигателей – компании Caterpillar, Cummins и Waukesha.

В течение третьего этапа реализации программы инженеры компании рассчитывают выйти на целевые показатели: 50 % в простом цикле и более 90 % – с когенерацией. Разработанные технологии будут реализованы в серийно выпускаемых двигателях.



## Новости «ВОЛЬФ Энерджи Солюшен»

С 13 по 14 октября 2010 г. в Минске параллельно прошли выставка Energy-Expo'2010 и Энергетический и экологический Форум. В мероприятиях принял участие Торговый дом Завода котельного оборудования ОАО «Вольф Энерджи Солюшен». Презентации предлагаемой для белорусского рынка продукции были проведены на семинаре в рамках выставки, а также в Департаменте по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. Особый интерес вызвали водотрубные газоплотные водогрейные газомазутные котлы серии Eurotherm, успешно применяемые в программах реконструкции коммунальной теплоэнергетики.

Еще одна новость компании – выпуск каталога продукции завода котельного оборудования. Полноформатное цветное издание объемом 72 страницы, с прилагаемым компакт-диск, включает полную информацию о семи сериях выпускаемых предприятием водогрейных (мощность – от 0,45 до 116 МВт) и паровых (производительность – от 500 до 4000 т/ч) котлов. Среди них – и три серии котлов, лицензия на выпуск которых получена от немецкого концерна Wolf: Eurotwin, Euromax и Dynatherm. Каталог предназначен для широкого круга заинтересованных лиц и может быть выслан по заявке, полученной на электронный адрес Торгового дома.



## Новый чиллер Climaveneta

ЗАО ИЦ «Акватория тепла» начало поставки на российский рынок чиллеров i-FOCS, выпускаемых фирмой Climaveneta (Италия). Эти полностью инверторные модели с воздушным охлаждением конденсатора предназначены для наружной установки. Их мощность – от 511 до 842 кВт.

Чиллеры оснащены винтовыми компрессорами с инверторным приводом, оптимизированными для работы с хладагентом R134A, а также осевыми вентиляторами. Медные трубы змеевика конденсатора имеют алюминиевое оребрение. Шасси и панели изготовлены из утолщенной гальванизированной стали с порошковым эпоксидным покрытием.

Низкие пусковые токи и значение  $\cos \varphi > 0,9$  упрощают электроподключение, не создают ударных нагрузок на сеть во время запусков и не требуют дополнительных устройств для коррекции коэффициента мощности. Использование инверторов позволяет агрегату функционировать при малых частичных нагрузках (10 %), обеспечивая отсутствие флуктуаций температуры воды на выходе.

Наряду с базовой, предлагается также модель в высокоэффективном исполнении и с шумоподавлением.



## Типовые решения на базе Steam Expert

Компания «Магистраль-Арматурен» представила блочно-модульные установки Steam Expert собственной разработки. В их состав входят элементы конденсатных и паровых систем, собранные на единой несущей раме. Модули полностью укомплектованы запорными и регулируемыми клапанами ARI-Armaturen, приборами и автоматикой европейского производства, опрессованы, протестированы и готовы к применению. Требуется только подключение к трубопроводам рабочих сред и к электропитанию. Трубопроводы и рамы выполняются из углеродистой или нержавеющей стали и изолируются минеральной ватой. Теплоизоляция покрывается защитно-декоративной оболочкой (алюминий, нержавеющая или оцинкованная сталь). В комплект документации на каждую установку входят паспорт и инструкция по эксплуатации и обслуживанию.

Предлагаются установки редуцирования давления пара и редуционно-охладительные установки, выполненные на базе регуляторов прямого действия или регулирующих клапанов с пневмоприводом.

Блоки приготовления горячей воды предназначены для нагрева воды паром в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, в технологических системах. Блоки выполнены на базе пластичных или вертикальных кожухотрубных теплообменников.

Установки сбора и возврата конденсата от одного или нескольких источников выполнены на базе электрических насосов или насосов прямого действия для открытых и закрытых систем.

Возможна сборка модулей в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика. Предоставляется гарантийное и сервисное обслуживание арматуры, насосов, автоматики и других комплектующих.



### ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

Участие в проектировании пароконденсатных систем

### АУДИТ

Диагностика и оптимизация работы пароконденсатных систем

### КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

Внимание к каждой детали в разработке, производстве и применении

### ОПЕРАТИВНАЯ ПОСТАВКА

Большой ассортимент оборудования на складе в России

### БЫСТРЫЙ СЕРВИС

Разветвленная сеть технических представительств в России



## Оборудование для эффективного использования ПАРА и КОНДЕНСАТА

- ◆ РЕГУЛИРУЮЩИЕ КЛАПАНЫ
- ◆ КОНДЕНСАТООТВОДЧИКИ
- ◆ РАСХОДОМЕРЫ
- ◆ КОТЕЛЬНАЯ АВТОМАТИКА
- ◆ ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА
- ◆ КОНДЕНСАТНЫЕ НАСОСЫ
  
- ◆ ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПРОЕКТАМ

## Футерованная арматура из Швейцарии



Компания АДЛ сообщила о пополнении торговой программы. Имеется в виду футерованная трубопроводная арматура швейцарской компании Swissfluid, предназначенная для перекрытия и регулирования потока химически агрессивных и абразивных жидких и газообразных сред.

Предлагаемый ассортимент включает мембранные клапаны, дисковые затворы, шаровые и пробковые краны, обратные клапаны, смотровые стекла, фильтры, клапаны для отбора проб, гибкие вставки, детали трубопроводов и аксессуары. Диапазон диаметров – от 15 до 1100 мм. Рабочее давление – от 1 мбара до 40 бар, температура – от -50 до 300 °С.

Футерованная арматура применяется в энергетике, а также химической, нефтяной, газовой, пищевой, металлургической и других отраслях промышленности.

## Новые ИБП из Турции

О поступлении в продажу новых источников бесперебойного питания с цифровым процессором, выпущенных турецкой фирмой Enel, сообщила компания «Президент-Нева» (Санкт-Петербург). ИБП Enel C Series имеют низкий уровень искажения тока и максимально высокий коэффициент мощности на входе, обладают высокой устойчивостью к перегрузкам. Имеются встроенные ручной и статический байпасы. Возможна работа в режиме термокомпенсации тока заряда аккумуляторных батарей.

Коэффициент работы с дизель-генераторной установкой – 1,2. Компоновка прибора обеспечивает легкий доступ к боковым панелям для упрощения обслуживания. Предусмотрен дистанционный доступ с поддержкой протоколов Modbus/Jbus/Profibus, Modem, Web, Telnet, GPRS, SNMP. Возможна установка GPRS-модема для мониторинга и управления ИБП.



## Запорный клапан с сальфонным уплотнением

Немецкий концерн ARI-Armaturen выпустил усовершенствованный запорный клапан с сальфонным уплотнением – FABA-Plus. Затвор и седло имеют скошенную посадочную поверхность, что позволяет срезать налет и жесткие наросты с уплотняющей поверхности в процессе закрытия клапана, уменьшает риск повреждения седельной пары. Уплотняющий сальфон с двойной стенкой приварен к штоку (а не к затвору), что позволило исключить прямую передачу вибрации с затвора на сальфон, увеличив срок службы и снизив стоимость ремонта. Усиленный корпус клапана стал устойчивее к гидроударам. Для быстрого и удобного крепления концевых выключателей без демонтажа оборудования предусмотрены отверстия. Смазочный ниппель и фиксатор маховика для удобства эксплуатации утоплены. Класс герметичности – «А» (по DIN EN 12266).

Клапаны выпускаются с несколькими вариантами исполнения затвора: регулирующим, невозвратно-запорным, со стеллитовой наплавкой, с мягким уплотнением. Для более сложных применений предлагаются модификации SUPRA I и SUPRA C (для химической промышленности). Они отличаются повышенной функциональной надежностью и рядом особенностей. Так, защитный кожух вокруг сальфона SUPRA I позволяет минимизировать негативное воздействие системы (гидроудар, вибрация) или среды (например, с примесями твердых частиц). Приваренный к корпусу клапана омываемый сальфон предотвращает застой среды в клапане. Для снижения вибраций затвор дополнительно стабилизирован в седле клапана.

В исполнении SUPRA C имеется дополнительное полноценное сальниковое уплотнение для большей безопасности. Предусмотрена возможность дальнейшего оснащения пневмоприводом без демонтажа клапана из системы. Имеется усиленное сальфонное уплотнение, рассчитанное на 10 000 циклов срабатывания.

Новинка разработана на основе модели, выпускавшейся более 40 лет.



## Установки Dynaciat Power

Новое поколение установок Dynaciat Power для охлаждения и нагрева воды на базе тепловых насосов типа «вода-вода» предложено компанией CIAT (Франция). Они предназначены для офисов, медицинских учреждений, объектов промышленности и торговли. Европейский показатель сезонной энергоэффективности (ESEER) этого оборудования достигает 6,17, что соответствует самым строгим мировым требованиям. Установки выпускаются в версиях для охлаждения и нагрева воды трех акустических модификаций (стандартная, маломощная и особо маломощная). Имеется 11 различных моделей с мощностью в режиме охлаждения 220–750 кВт и нагрева – 250–800 кВт.

Благодаря параллельной сборке компрессоров на одном и том же контуре установка эффективно адаптирует мощность к реальным требованиям. В двух независимых контурах устанавливается от четырех до шести компрессоров Scroll. Система управления имеет функцию регулирования нагрузки и включает только необходимое их число. Применение паяных пластинчатых теплообменников и хладагента R410A также служит оптимизации энергетических характеристик. При ширине 996 и высоте 1887 мм модули проходят через стандартный дверной проем. Управляя установками дистанционно, система Connect 2 учитывает специфические требования каждой и коммутирует их с любыми типами BMS (компьютерные системы управления инженерными сетями здания).

## Сокращены функции Ростехнадзора

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) сообщила о прекращении производства всех административных процедур, в рамках исполнения государственных функций, в сфере охраны окружающей среды (в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия), в области обращения с отходами, а также функций по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня. Основание – постановление Правительства РФ № 717 от 13 сентября «О внесении изменений в некоторые постановления Правительства Российской Федерации по вопросам полномочий Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору». Постановление опубликовано в «Российской газете» 22 сентября 2010 г.

testo

Посвящая себя будущему

Новая технология анализа выбросов дымовых газов

$1 + 3 = 7$   
CO CO<sub>low</sub>  
NO<sub>2</sub> NO<sub>2 low</sub>  
NO SO<sub>2</sub>

### Экономичное решение для измерения выбросов - новый 4-х сенсорный газоанализатор testo 340

- Онлайн измерения до 2-х часов
- Параллельное измерение скорости потока дымовых газов с расчетом массовых выбросов
- Большой выбор измеряемых параметров
- Максимальная гибкость при выборе сенсоров

Реклама

Testo Rus (495)788-98-11 info@testo.ru

[www.testo.ru/340](http://www.testo.ru/340)



Достоинства пара как теплоносителя привели к широкому распространению паровых систем в самых разных областях промышленности. Неизбежный спутник пара – конденсат. Грамотное устройство системы отвода конденсата позволяет уменьшить эксплуатационные расходы и увеличить срок службы оборудования

## Пар и конденсат

А. Григорьев

**В**ажной проблемой, которую следует учесть при проектировании систем распределения пара, является конденсация, происходящая из-за тепловых потерь в паропроводе. Скорость конденсации особенно велика при пуске установки, когда температура паропровода мала. Затем скорость образования конденсата снижается, но все же является заметной величиной, даже если трубы хорошо изолированы.

Конденсат образует на внутренних стенках паропровода капли, которые могут сливаться в пленку по мере того, как увлекаются потоком пара. Под действием сил тяжести вода стекает в нижнюю часть трубы. Если скопившийся

конденсат не удалить как можно быстрее, могут образоваться объемы воды (так называемые снаряды), которые уносятся паром и вызывают гидравлические удары. Избавиться от подобных трудностей позволяет соблюдение нескольких простых правил.

### Расположение трубопроводов и дренажей

Трубопровод должен устанавливаться с наклоном по направлению движения. Подходящим считается снижение трубопровода на 40 мм на каждые 10 м его длины (т.е. с уклоном 0,004). Это обеспечивает перенос конденсата до места дренажа.

Между точками дренажа должно выдерживаться определенное расстояние. Оно зависит от размеров трубопровода, его расположения, частоты пусков и составляет обычно от 30 до 50 м. Подходящими для установки дренажей считаются места, где трубопровод меняет направление. Чтобы обеспечить отвод конденсата на протяженных горизонтальных участках, здесь периодически выполняются повороты трубопровода в вертикальной плоскости (рис. 1). Повороты, после которых начинается подъем, являются идеальным местом для установки дренажей.

Штуцер для отвода пара должен быть установлен на верхней образующей

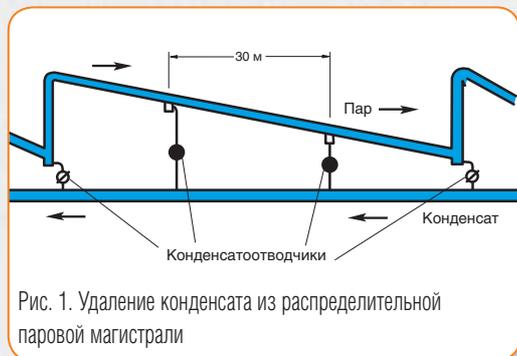


Рис. 1. Удаление конденсата из распределительной паровой магистрали

паровой магистрали, иначе пользователь будет получать слишком влажный пар. Если использующее пар оборудование оказывается ниже паропровода, штуцер все равно располагают вверх; от него линия для подачи пара поворачивает вниз. В ее нижней точке обычно устанавливают запорный или регулирующий клапан. Конденсат будет скапливаться перед закрытым клапаном, и для его удаления обязателен конденсатоотводчик (рис. 2).

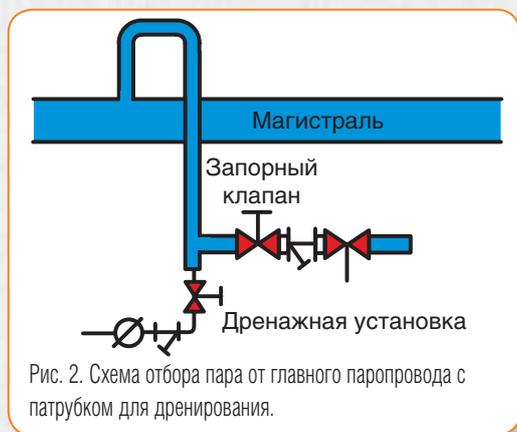


Рис. 2. Схема отбора пара от главного паропровода с патрубком для дренирования.

### Конденсатоотводчики, сепараторы, фильтры

Конденсатоотводчики, используемые для дренирования паропроводов, должны быть рассчитаны на работу с максимальным давлением пара в главном паропроводе, а также иметь достаточную пропускную способность для передачи образовавшегося количества конденсата при перепаде давления, получаемом в данный момент.

Конденсатоотводчики – неотъемлемая часть оборудования, которое должно быть установлено для непрерывного отвода

конденсата из аппаратов, обогреваемых паром. После них конденсат попадает в линию возврата. В схемах теплоснабжения наиболее часто встречаются термостатические, механические и термодинамические конденсатоотводчики.

Термостатический конденсатоотводчик представляет собой биметаллическое устройство или наполненный водой сифлон, способные благодаря своей конструкции «чувствовать» разницу между температурой конденсата и пара. Открытый для протекания воды конденсатоотводчик закрывается, когда в него поступает среда с более высокой температурой (пар).

Работа механических конденсатоотводчиков основана на разности плотностей пара и воды. В некоторых из них используется шарообразный поплавок (рис. 3), который поднимается в присутствии конденсата и открывает клапан, позволяющий конденсату пройти через конденсатоотводчик. В других конструкциях имеется перевернутый стакан, изменяющий положение клапана, когда в конденсатоотводчик поступает пар.

В термодинамических конденсатоотводчиках используется увеличение скорости потока, которое происходит при парообразовании. (Если конденсат и пар имеют примерно одинаковую температуру, при снижении давления конденсата в диафрагме происходит мгновенное парообразование.) Скоростной напор приводит к закрытию диска, расположенного напротив седла клапана (рис. 4).

Обычно даже при выполнении всех требований по дренированию конденсата в паре все равно остается влага. Для ее удаления используют сепараторы – ряд отражательных экранов, расположенных так, чтобы заставить пар многократно менять направление. При этом капли влаги выпадают из потока и удаляются через конденсатоотводчик.

Продукты коррозии, частички отложений, а также любой мусор, оставшийся после монтажа, могут легко нарушить работу регулирующего оборудования,

повредить при тех скоростях, с которыми движется пар, рабочие поверхности клапанов и т.д. Поэтому паропроводы, как правило, снабжают фильтрами, устанавливая их до клапанов, конденсатоотводчиков и другого оборудования.

Традиционным методом контроля исправности конденсатоотводчиков является установка смотровых стекол после каждого из них. Они позволя-

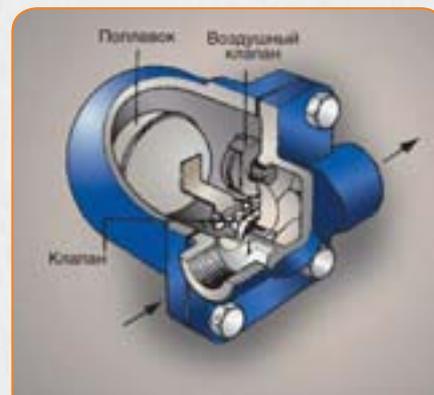


Рис. 3. Поплавковый конденсатоотводчик с термостатической воздушной вентиляцией

ют наблюдать за расходом конденсата. Новинкой в данной области становятся электронные устройства, которые используют электропроводность конденсата, чтобы определить исправность конденсатоотводчика. Их измерительные приборы могут быть смонтированы в одном месте, на некотором расстоянии от датчиков, что особенно удобно при затрудненном доступе к конденсатоотводчикам.

Когда при включении установки пар начинает поступать в паропровод, он заполнен воздухом. Для его удаления служат автоматические воздушные клапаны. Воздушники с уравновешенным давлением должны быть установлены на конце любого паропровода; отводящие патрубки располагаются выше уровня конденсата. Выхлоп из воздушника направляется в безопасное место.

### Возврат конденсата

Большое значение имеет правильное проектирование системы возврата конденсата. Очень важно не допускать чрезмерного обратного давления в конденсатоотводчиках.

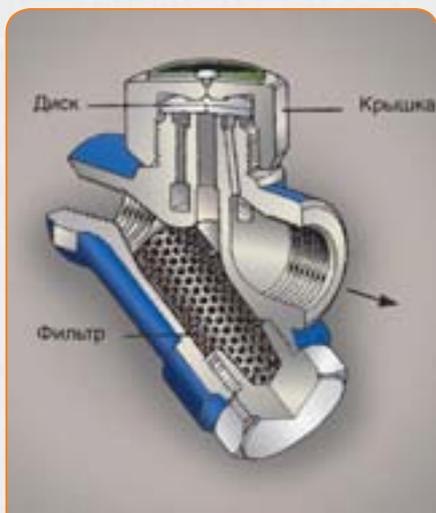


Рис. 4. Термодинамический конденсатоотводчик

Размеры труб должны обеспечить максимальный расход конденсата; их следует располагать с уклоном, чтобы вода стекала под действием силы тяжести. Впрочем, на практике редко существует возможность таким образом вернуть в котел весь конденсат, образовавшийся в парораспределительной системе. Поэтому обычно жидкость сначала направляется в сборные резервуары, а уже из них перекачивается в котельную.

Как уже говорилось, при пуске оборудования паропроводы имеют температуру окружающего воздуха. Поступающий в них пар быстро конденсируется, и его расход оказывается в 2–3 раза больше, чем при нормальной работе установки. Во столько же раз больше конденсата должна пропустить линия возврата. По мере прогрева всего оборудования расход конденсата будет снижаться до номинальной нагрузки.

Размеры труб должны иметь пропускную способность, достаточную для перекачки конденсата в любых режимах. Необходимо выбрать такую пусковую нагрузку, чтобы расход превышал номинальный не более чем в два раза. Это будет верным для давления пара до 10 бар. При более высоком давлении от линии возврата конденсата может потребоваться дополнительная пропускная способность.

Итак, конденсат должен быть удален из конденсатоотводчика за счет силы тяжести, но бывает, что требуется

подать этот конденсат на более высокий уровень. В таких случаях необходимо, чтобы на выходе из конденсатоотводчика было избыточное давление, создаваемое дополнительным оборудованием. При проектировании следует учитывать, что каждые 0,11 мбар давления в конденсатоотводчике позволяют поднять конденсат на высоту 1 м.

В схемах с подъемом конденсата неизбежны гидравлические удары, увеличивающие риск механических повреждений. Как правило, трубопроводы возврата при нормальной работе заполнены перекачиваемым конденсатом. Расход этой жидкости зависит от изменения нагрузки паровых магистралей. Ввод в заполненный трубопровод свежих порций конденсата при более высоких значениях давления и температуры приводит к тому, что часть влаги мгновенно снова превращается в пар. При этом пузырьки пара могут быстро разрушаться в сравнительно холодном конденсате, вызывая сильные гидравлические удары.

### Перемещение конденсата

Резервуары, в которые собирается конденсат, находятся, как правило, ниже задней стенки котла. Поэтому конденсат приходится перекачивать на уровни, расположенные выше места установки сборных резервуаров. Для решения этой задачи используются конденсатные насосы объемного типа (поршневой) или насосы с электронным управлением.

В насосах объемного типа в качестве рабочего тела обычно используется пар. Альтернативой приводу насоса может стать сжатый воздух от компрессора, но этот вариант чреват ускоренной коррозией из-за азотации. В данных установках вентилируемый ресивер для конденсата размещают выше насоса, что гарантирует постоянный напор, когда корпус насоса заполняется за счет силы тяжести. С другой стороны, он играет роль резервуара в периоды, когда поршень выдавливает конденсат.

Важными преимуществами насосов объемного типа становятся отсутствие кавитации и способность, если это потребуется, перекачивать конденсат в зону кипения. Кроме того, благодаря отсутствию электродвигателя такие насосы

могут работать в условиях высокой влажности и даже при погружении в воду.

Насосы с электронным управлением имеют более объемный ресивер (рис. 5), но могут создать проблемы в тех случаях, когда приходится иметь дело с горячим конденсатом: при высокой температуре он может превращаться в пар. Это явление значительно снижает эффективность агрегата и может привести к повреждению его рабочих колес. Насосы, которые работают с отрицательным напором на всасывающей линии, способны в этих условиях функционировать без поломок.

Поршневые насосы перекачивают конденсат не непрерывно, что долж-



Рис. 5. Конденсатный насос с электронным управлением

но быть учтено при выборе напорной трубы. Есть хорошее эмпирическое правило: при использовании насоса объемного типа размер напорного трубопровода должен учитывать расход, превышающий номинальный в 3 раза, а для насоса с электронным управлением – в 1,5 раза.

Следует также уделить достаточное внимание снижению противодействия, связанного с трением в трубах. Большое значение имеет и конструкция трубопровода: нужно избегать длинных горизонтальных участков. Наиболее пригодной компоновкой является наличие вертикального подъема сразу же за установкой, с последующим падением за счет силы тяжести обратно к котлу. Длинный горизонтальный участок, следующий за конечным вертикальным подъемом, будет иметь результатом полностью затопленные линии возврата.

# Unical®

**Unical открыл производство  
паровых котлов!!!!!!  
Лучшие цены  
Европейское качество  
Минимальные сроки поставки**

## **Unical BAHR UNO**

Горизонтальный двухходовой паровой котел  
низкого давления (до 1 бар)

- 12 моделей паропроводительностью  
от 200 до 3000 кг/час

## **Unical BAHR 12**

Горизонтальный двухходовой паровой котел  
на рабочее давление до 12 бар

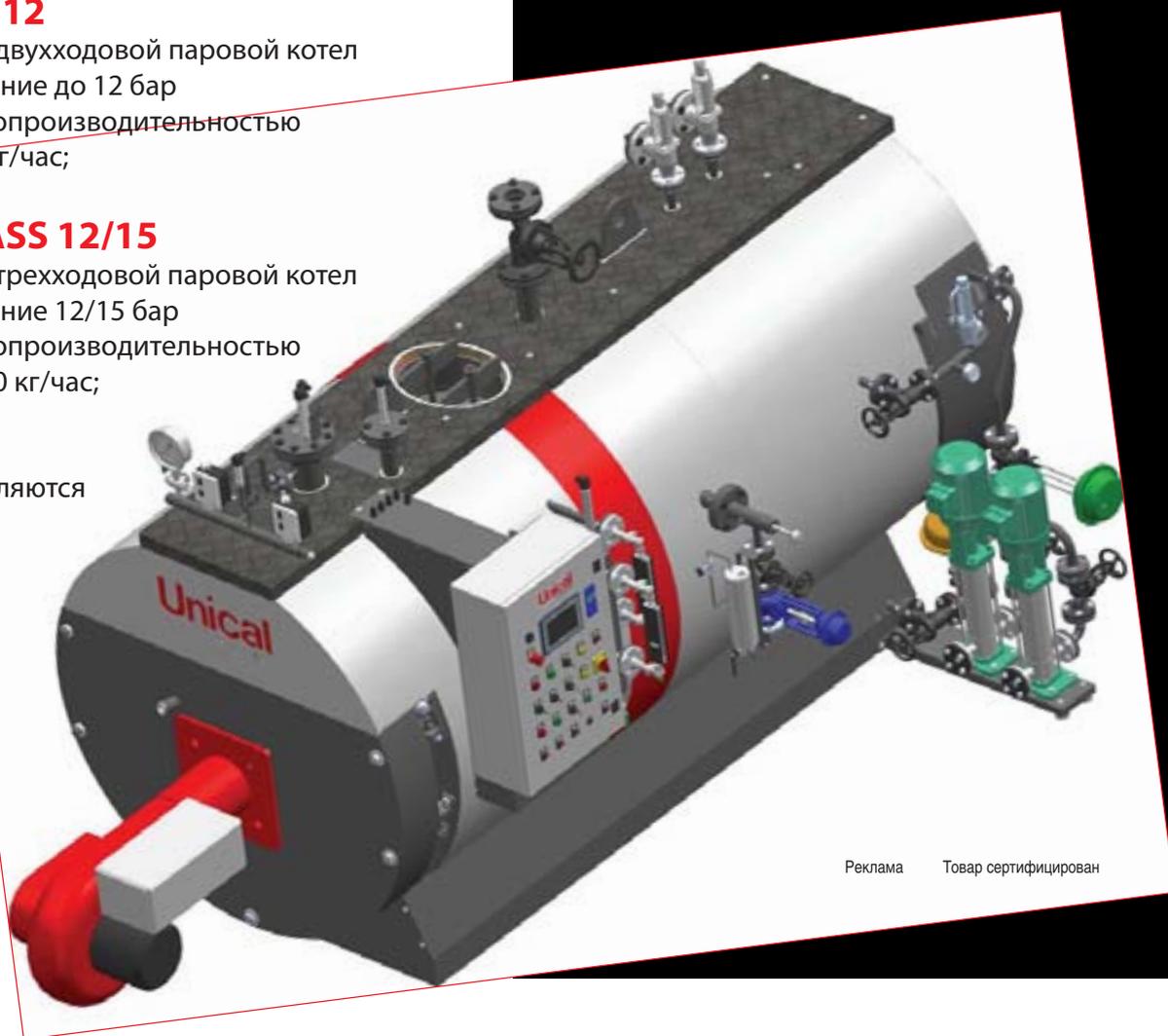
- 14 моделей паропроводительностью  
от 300 до 5000 кг/час;

## **Unical TRYPASS 12/15**

Горизонтальный трехходовой паровой котел  
на рабочее давление 12/15 бар

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

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



Реклама Товар сертифицирован

ООО «Теплогазоснабжение и вентиляция»

**продажа котельного оборудования**

[495] 748 11 77

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



# Выбор диаметра конденсатных трубопроводов

И. Глыбин

При построении пароконденсатной системы предприятия перед проектировщиком встает ряд вопросов, от правильного решения которых зависит надежное функционирование системы. К числу таких вопросов относится выбор диаметров трубопроводов.

Если методики выбора диаметров трубопроводов пара хорошо известны, и ошибок почти не бывает, то выбор диаметров конденсатных трубопроводов сопряжен с рядом трудностей. Условно конденсатопроводы могут быть разделены на четыре категории:

- до конденсатоотводчика;
- после конденсатоотводчика;
- общий;
- конденсатопровод за насосом.

Выбор диаметров конденсатопроводов каждой категории должен производиться исходя из среды, которая по нему протекает, и таких параметров, как давление и расход.

Было бы ошибкой полагать, что конденсатопровод (и сам конденсатоотводчик) должен иметь тот же Ду, что и выходной трубопровод оборудования.

При выборе конденсатоотводчика и конденсатопровода должно учитываться несколько факторов:

1. При дренаже магистрального паропровода конденсатная нагрузка на каждый конденсатоотводчик обычно составляет 1 % от пропускной способности паропровода при условии, что дренажные «карманы» расположены на расстоянии 50 м друг от друга и хорошо теплоизолированы.

2. Диаметр (Ду) конденсатоотводчика для дренажа магистрального паропровода обычно выбирают таким образом, чтобы он имел двойной запас относительно рабочей нагрузки при рабочем давлении (минус противодавление). Этого будет достаточно, чтобы конденсатоотводчик справлялся с нагрузкой и при пусках.

3. Для оборудования, работающего при постоянном давлении пара (сушиль-

ные прессы, гладильные машины, нагревательные агрегаты, приборы отопления, варочные котлы) конденсатоотводчик обычно выбирают из расчета двойной рабочей нагрузки при рабочем давлении (минус противодавление). Этого будет достаточно, чтобы конденсатоотводчик справлялся с нагрузкой и при пусках.

4. В системах с регулированием температуры дополнительно должны рассматриваться такие моменты, как давление пара, диапазон мощностей работы оборудования, заданное значение температуры и местоположение конденсатоотводчика. Конденсатоотводчик должен выбираться так, чтобы он справлялся с расходом конденсата как при полной, так и при минимальной рабочей нагрузке. Если упомянутые условия неизвестны, рекомендуется выбирать конденсатоотводчик с учетом трехкратной рабочей нагрузки при рабочем перепаде давления на нем. Это должно удовлетворять условиям при пуске системы и обеспечивать необходимый отвод конденсата при минимальных нагрузках.

5. При выборе конденсатопровода до конденсатоотводчика справедливым будет полагать, что в конденсатопровode будет только вода. На практике конденсатопровод до конденсатоотводчика может быть такого же диаметра, как и сам конденсатоотводчик (при условии, что он выбран правильно).

6. В конденсатопровode после конденсатоотводчика находится уже не только конденсат, но и пар вторичного вскипания. Появление пара вызвано тем, что давление в конденсатной линии после конденсатоотводчика ниже давления в линии до него. Конденсат при эвакуации

через конденсатоотводчик оказывает существенно перегрет относительно параметров насыщения в конденсатной линии и мгновенно вскипает.

Массовая доля пара вторичного вскипания определяется разностью давлений пара в теплообменном аппарате (или паропроводе) и в линии возврата конденсата и рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{(h_f \text{ при } P_1) - (h_f \text{ при } P_2)}{h_{fg} \text{ при } P_2},$$

где  $F$  – массовая доля пара вторичного вскипания (от 0 до 1);

$h_f$  – энтальпия жидкости, кДж/кг;

$h_{fg}$  – энтальпия испарения, кДж/кг;

$P_1$  – давление в теплообменном аппарате (паропроводе);

$P_2$  – давление в конденсатной линии.

Существенным фактором для выбора диаметра линии за конденсатоотводчиком является не массовое, а объемное соотношение конденсата и пара вторичного вскипания. Посмотрев в паровые таблицы, можно легко убедиться в том, что конденсатопровод после конденсатоотводчика заполнен более чем на 90 % паром, а не конденсатом.

Следовательно, необходимо производить расчеты диаметра конденсатопровода не на основе сравнительно малого объема конденсата, а исходя из вероятных скоростей движения пара. Если выбрать трубопровод слишком малого диаметра, скорость движения пара вторичного вскипания увеличится, а значит, увеличится и противодавление. Это может привести к гидравлическому удару, снижению пропускной способности конденсатоотводчика и даже подтоплению оборудования конденсатом.

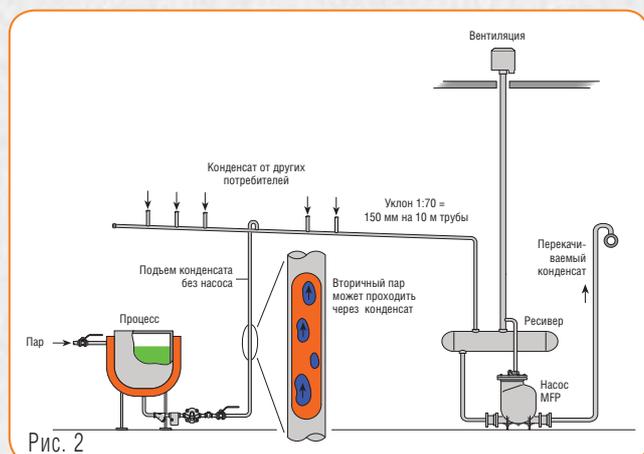
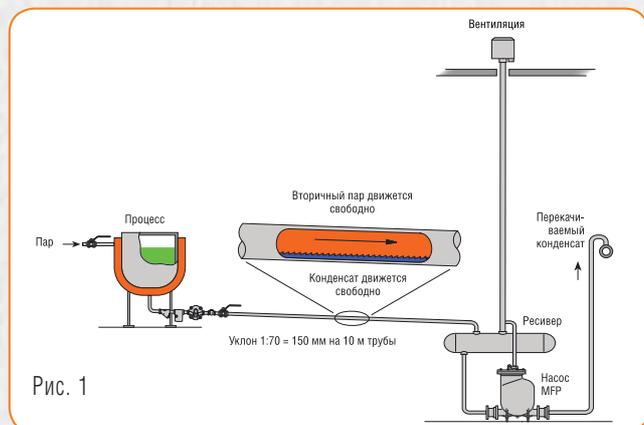
Можно дать следующие рекомендации по устройству конденсатных магистралей после конденсатоотводчиков:

1. Конденсатопровод должен иметь уклон в направлении потока (рис. 1). Рекомендуется, чтобы уклон составлял не менее чем 1 к 70 (150 мм на каждые 10 м). Уклон линии обычно заметен невооруженным глазом – если уклон не виден, значит, он недостаточен.

2. Если нельзя избежать подъема конденсатопровода за конденсатоотводчиком, то он должен быть как можно более коротким и оборудован обратным клапаном, препятствующим движению конденсата обратно к конденсатоотводчику. Вертикальные конденсатные трубопроводы должны заводиться сверху в незатопленный общий конденсатопровод. Таким образом, конденсат не сможет попадать обратно из общего конденсатопровода в вертикальную часть, и по ней сможет свободно перемещаться вторичный пар (рис. 2).

### Выбор диаметра конденсатопровода после насоса

		Расход, кг/ч								
Диу трубы		15 мм	20 мм	25 мм	32 мм	40 мм	50 мм	65 мм	80 мм	100 мм
Па/м	мбар/м	< 0,15 м/с			0,15 м/с					0,3 м/с
90	0,900	173	403	745	1627	2488	4716	9612	14940	30240
92,5	0,925	176	407	756	1652	2524	4788	9756	15156	30672
95	0,950	176	414	767	1678	2560	4860	9900	15372	31104
97,5	0,975	180	421	778	1699	2596	4932	10044	15552	31500
100	1,000	184	425	788	1724	2632	5004	10152	15768	31932
120	1,200	202	472	871	1897	2898	5508	11196	17352	35100
140	1,400	220	511	943	2059	3143	5976	12132	18792	38160
160	1,600	234	547	1015	2210	3373	6408	12996	20160	40680
180	1,800	252	583	1080	2354	3589	6804	13824	21420	43200
200	2,000	266	619	1141	2488	3780	7200	14580	22644	45720
220	2,400	281	652	1202	2617	3996	7560	15336	23760	47880
240	2,400	288	680	1256	2740	4176	7920	16056	24876	50400
260	2,600	306	713	1310	2855	4356	8244	16740	25920	52200
280	2,800	317	742	1364	2970	4536	8568	17388	26928	54360
300	3,000	331	767	1415	3078	4680	8892	18000	27900	56160



3. Имеет смысл рассмотреть возможность использования вертикальной части конденсатопровода чуть большего диаметра, чем получается согласно расчету. Это приведет к снижению скорости вторичного пара в ней, снизит риск возникновения гидравлического удара и уменьшит шум, вызываемый паром, который пытается пробить себе путь через находящийся в вертикальной трубе конденсат.

4. Подъем конденсатопровода за конденсатоотводчиком следует использовать только в случаях, когда давление пара в системе гарантированно превышает противодавление на выходе из конденсатоотводчика. Если это не так, то при отсутствии перекачивающего конденсатоотводчика или комбинации «паровой

насос – конденсатоотводчик» оборудование будет затапливаться конденсатом.

Иногда требуется соединить несколько конденсатопроводов от различного оборудования в *общий* конденсатный трубопровод. При этом необходимо учитывать следующее:

- общий конденсатопровод должен иметь уклон в направлении движения потока;
- диаметр общего конденсатопровода должен выбираться с учетом суммы площадей сечений всех входящих в него конденсатопроводов.

Что касается конденсатопровода *после насоса*, то выбор его размера происходит по методикам, аналогичным тем, что применяются при подборе трубопроводов воды. Также можно воспользоваться таблицей.

Падение давления при максимальном расходе не должно превышать 100 Па/м, а скорость среды должна быть не более 1 м/с.

Соблюдение правил выбора размеров конденсатопроводов, приведенных в данной статье, позволит избежать множества проблем при реальной эксплуатации технологического оборудования.

По материалам компании Spirax Sarco (Великобритания)

# Решение проблемы пролетного пара

В. Янкелевич

*В этой статье рассказывается об опыте реконструкции пароконденсатной линии молочного завода компании «Данон», расположенного в Любучанах (Чеховский район Московской обл.). Работы проведены специалистами МПНУ «Энерготехмонтаж».*

Теплоносителем в технологическом процессе молокозавода служит пар, который под давлением 5–7 бар подается к трубным теплообменникам из котельной по паропроводам. Конденсат через сборные коллекторы и магистральные конденсатопроводы возвращается в котельную.

Технологический процесс – периодический, управление ведется с центрального пункта. Теплообменники через определенные промежутки времени включаются и выключаются. Все они оборудованы конденсатоотводчиками.

Паро- и конденсатопроводы первой очереди строительства обеспечивали теплоснабжение потребителей и надежный возврат конденсата в котельную. Конденсат от потребителей пара первой очереди поступал в магистральный конденсатопровод ( $D_u = 80$  мм, длина – около 160 м) и направлялся непосредственно в деаэратор котельной.

Оборудование второй очереди размещалось в тех же помещениях. От потребителей пара второй очереди конденсат был выведен во второй аналогичный магистральный коллектор ( $D_u$  и длина – те же). Подключение пара и конденсата к теплообменникам второй очереди производилось по месту, многие теплообменники второй очереди были подключены к конденсатопроводу первой очереди. Все трубопроводы конденсата выполнены из нержавеющей стали.

## Проблема: пролетный пар

При работе потребителей пара второй очереди возникли серьезные проблемы

с конденсатом – реализованная схема не обеспечивала возврата конденсата в котельную в полном объеме. Реальная температура конденсата на выходе из конденсатоотводчиков трубных теплообменников была близка к температуре насыщения пара, поступающего в теплообменник – до 140–160 °С. Охлаждения конденсата непосредственно в трубных теплообменниках практически не происходило, при этом установка дополнительных охладителей конденсата, как при подогреве паром воды для отопления, была технологически невозможна.

При поступлении перегретой воды из конденсатоотводчиков в конденсатопровод, который в конечном счете сообщается с атмосферой, происходило частичное вскипание воды. Количество выделяемого при этом пара было невелико (не более 2–4 % общей массы конденсата), но при таких давлениях удельный объем пара примерно в тысячу раз больше, чем воды. Этот пар приводил к закипанию конденсатопровода, сильно снижая его пропускную способность. Результатом было существенное повышение давления в конденсатопроводах и ограничение реальной тепловой мощности потребителей. Часть теплообменников пришлось по этой причине отключать от конденсатопроводов и сливать конденсат непосредственно в канализацию.

## Реконструкция конденсатопровода

В качестве первой меры в котельной были установлены конденсатные баки. Однако и при этом система возврата конденсата



работала с избыточными давлением и температурой, и для подачи конденсата в атмосферные деаэраторы было необходимо расхолаживание конденсата химочищенной водой. Для этого система конденсатопроводов в котельной была частично реконструирована обслуживающим персоналом.

Снижение температуры конденсата обеспечивалось его смешением с химочищенной водой в специальном устройстве, после чего он направлялся в конденсатные баки. Количество смеси намного превышало потребность котлов в питательной воде, и излишки (в том числе конденсат) приходилось сливать в канализацию. Кроме того, конденсат от части потребителей также приходилось сливать в канализацию, поскольку пропускная способность длинных конденсатопроводов при движении по ним двухфазной среды оказалась недостаточной. В результате доля конденсата в питательной воде котлов составляла только 70 %. Других потерь

конденсата не было – все конденсатопродовы проходили в помещениях и по наружным стенам зданий.

Существенное снижение доли конденсата в питательной воде вызывало заметный перерасход реагентов (соли) и исходной воды. Однако наиболее важным недостатком описанной системы являлась необходимость сброса конденсата от части теплообменников в канализацию. Кроме того, необходимо отметить увеличение содержания в питательной воде котлов карбонатов, которые содержатся в химочищенной воде, обработанной по методу натрий-катионирования. В паровом котле карбонаты разлагаются с образованием угольной кислоты ( $H_2CO_3$ ), которая вызывает коррозию как металла котлов, так и (особенно) конденсатопродов из углеродистой стали. Коррозия может привести к повреждению конденсатопродов, а ее продукты загрязняют конденсат и способствуют нарушениям в работе арматуры. Возможно также «заражение» конденсата кислородом воздуха в конденсатных баках (при откачке конденсата со снижением уровня, когда в бак поступает наружный воздух).

Выполненная реконструкция включала несколько этапов.

1. Изменение обвязки конденсатных баков в котельной – увеличение диаметра выхлопных труб с 50 до 200 мм. Это позволило снизить избыточное давление в баках практически до атмосферного.

2. Установка нового конденсатного бака в самой дальней части производства и откачка из него конденсата в конденсатные баки котельной по новому напорному конденсатопродову. Через систему сборных конденсатопродов к этому баку был подведен конденсат практически от всех теплообменников, находящихся в дальней части производства.

Откачивающие насосы (рабочий и резервный) были оборудованы системой частотного регулирования производительности с управляющим сигналом по уровню в баке. Они были выбраны с некоторым запасом по производительности. Насос работает непрерывно и откачивает весь поступающий конденсат, что позволяет поддерживать в баке постоянный уровень.

Ограничением для подключения к баку двухфазных конденсатопродов является только возможность надежного удаления вторичного пара. Для этого, во-первых, использована выхлопная труба

диаметром 150 мм; во-вторых, регулируемый уровень установлен на нижней допустимой отметке (по условиям надежного всасывания конденсатного насоса), что позволяет максимально использовать паровой объем конденсатного бака.

Можно также отметить, что при постоянном уровне в баке практически исключается возможность «заражения» конденсата кислородом атмосферного воздуха.

Бак не изолирован, температура конденсата на выходе из бака летом и осенью составляла 94–96 °С.

3. После подведения конденсата от значительной части теплообменников к новому конденсатному баку существующие магистральные двухфазные конденсатопродовы, идущие непосредственно в конденсатный бак котельной, оказались частично разгруженными. Выполненные расчеты их пропускной способности для конденсатопродов с двухфазной средой (Ершов Ю.Г. и др., «Конденсатное хозяйство целлюлозно-бумажных предприятий», М., 1989) показали техническую возможность подключения к ним всех теплообменников, не подключенных к новому конденсатному баку. В соответствии с этими расчетами было выполнено оптимальное перераспределение теплообменников по существующим магистралям с учетом расположения тех и других. Конденсатные линии от теплообменников по возможности подключались к магистральным конденсатопродовым непосредственно – без промежуточных сборных коллекторов. В результате была достигнута эффективная работа длинных двухфазных конденсатопродов, идущих в конденсатный бак котельной. При этом появилась возможность подключения к двухфазным конденсатопродовым дополнительных теплообменников, что обеспечило потенциал дальнейшего роста производства без прокладки дополнительных дальних конденсатопродов.

### Итог

В результате реконструкции конденсатопродов практически достигнут оптимальный режим возврата конденсата: расхолаживания конденса-



та не требуется, слив смеси конденсата с химочищенной водой в канализацию исключен, конденсат возвращается в котельную от всех теплообменников. Слив конденсата в канализацию непосредственно от теплообменников также исключен. Потери пара и конденсата снизились с 25–30 до 7–8 % – практически это только потери на испарение в конденсатных баках и удаление конденсата из паропроводов. Все конденсатное оборудование работает надежно.



# Гидроудары в пароконденсатных системах в вопросах и ответах

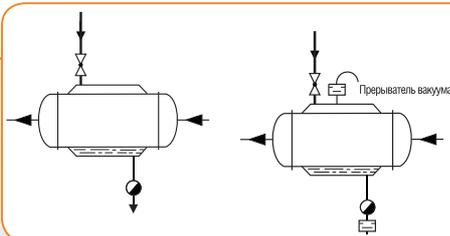
## Каковы причины гидроударов в теплообменниках?

После отключения подачи оставшийся в паровом пространстве пар конденсируется, что приводит к образованию вакуума. В результате этого конденсат либо не полностью вытекает из теплообменника, либо снова всасывается в него. После запуска установки пар проходит вдоль поверхности воды, оставшейся внутри теплообменника, и резко конденсируется, что приводит к возникновению гидроудара. При отсутствии подтоплений, когда конденсат полностью отводится из парового пространства при любых нагрузках, гидроудары не возникают.

## Как предотвратить обратное всасывание конденсата в теплообменниках?

Один из методов предотвращения гидроударов в теплообменниках заключается в применении прерывателя вакуума – обратного дискового пружинного затвора. Он обеспечивает свободное вытекание оставшегося в теплообменнике конденсата и не допускает его обратного всасывания.

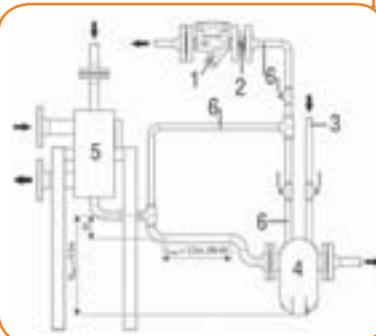
Отметим, что обратные дисковые клапаны рекомендуются также устанавливать после конденсатоотводчиков в напорных конденсатопроводах.



## Что такое перекачивающий конденсатоотводчик?

Это устройство, имеющее два режима работы. При достаточном перепаде давления оно действует как обычный поплавковый конденсатоотводчик, при недостаточном – как механический конденсатный насос. Переключение режимов происходит автоматически в зависимости от уровня конденсата внутри конденсатоотводчика.

Для перекачивания конденсата используется острый пар. Его подача в конденсатоотводчик и открытие вентиляционного клапана происходят автоматически. Движение конденсата в одном направлении обеспечивается встроенными обратными клапанами.



*Схема обвязки перекачивающего конденсатоотводчика: 1 – термостатический конденса-*

*тоотводчик для отвода воздуха; 2 – межфланцевый обратный клапан (опция), предотвращающий всасывание воздуха при возникновении вакуума; 3 – линия подачи сухого острого пара, DN 15 (рекомендуется устанавливать грязеуловитель и манометр); 4 – перекачивающий конденсатоотводчик; 5 – теплообменник; 6 – вентиляционная линия DN 15 (не допускаются какие-либо изгибы, гидрозатворы).*

## К чему приводят ошибки в выборе конденсатоотводчика?

Неправильно подобранный конденсатоотводчик (например, ошибочно выбран тип) – распространенная причина подтоплений парового пространства. Пропускной способности конденсатоотводчика может оказаться недостаточно, конденсат будет отводиться периодически.

## Влияют ли на отвод конденсата гидравлические характеристики теплообменника?

Большая потеря напора внутри теплообменника при низких нагрузках может привести к недостаточному перепаду давлений на конденсатоотводчике, что способно нарушить процесс отвода конденсата. Это происходит, например, если при давлении в конденсатной линии более 1 бара давление в теплообменнике при низкой нагрузке – менее 1 бара.

### Как избежать подтоплений в теплообменниках?

Для непрерывного отвода конденсата из теплообменников следует использовать конденсатоотводчики поплавкового типа. Конденсатоотводчик должен быть достаточно большим, так как при малых нагрузках давление перед ним может быть очень мало (вплоть до отрицательного). При этом требуется, чтобы давление в конденсатной линии не повышалось.

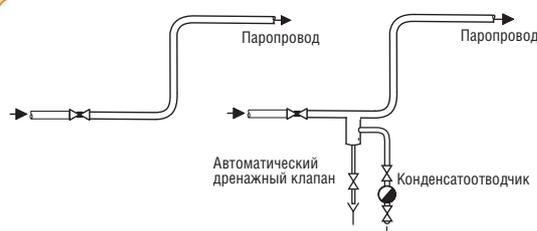
После конденсатоотводчика не должно быть подъемов конденсатопровода. Для обеспечения дополнительного гидростатического напора конденсатоотводчик следует устанавливать в самой нижней точке конденсатопровода.

Если в теплообменнике возможно образование вакуума, то после регулирующего парового клапана рекомендуется установить прерыватель вакуума.

В тех случаях, когда теплообменное оборудование с регулированием по «паровой стороне» работает в широком диапазоне тепловых нагрузок (значение давления в паровом пространстве изменяется от отрицательного до максимального рабочего) и стандартные конденсатоотводчики не могут обеспечить стабильный отвод конденсата, желательно применять перекачивающие конденсатоотводчики.

### Какие меры принимаются для предотвращения гидроударов в паропроводах?

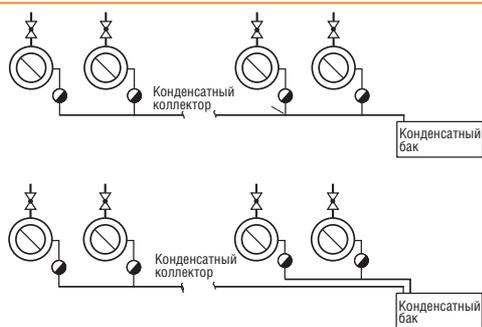
При устройстве паропровода следует обеспечить его достаточный уклон без водяных карманов. Если линию изменить невозможно, то ее нижнюю часть необходимо дренировать, даже если она сравнительно короткая.



### Как правильно организовать отвод конденсата при протяженной технологической линии?

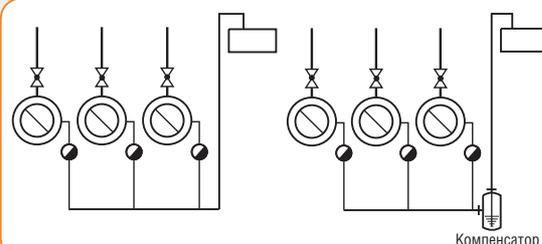
Конденсат из теплообменников, расположенных на дальнем конце конденсатного коллектора, по пути в конденсатный бак охлаждается сильнее. Конденсат и пар вторичного вскипания из теплообменников, расположенных ближе к баку, попадая в коллектор, смешиваются с холодным конденсатом от дальних теплообменников. Резкая конденсация пара вторичного вскипания приводит к гидроудару.

Для избежания этого следует организовать отвод конденсата в бак посредством отдельных коллекторов. Эта же мера рекомендуется при отводе конденсата из теплообменников с различными рабочими давлениями пара.



### Что делать, если при подъеме конденсата часто возникают гидроудары?

Если давление перед конденсатоотводчиком больше, чем давление после него (равное давлению в общем конденсатопроводе или сумме давления в конденсатном баке и статического давления столба жидкости), то рекомендуется установка амортизирующего компенсатора.





## Энергосбережение в паровом хозяйстве предприятия. Продувки

С. Тишаев

*В предыдущих публикациях (№№ 2 и 3 за 2010 г.) было рассказано о связи экономии энергоресурсов с водоподготовкой и оптимизацией процесса горения, а также об энергосбережении при нагреве воды, производстве пара в котле и утилизации тепла уходящих дымовых газов. В заключительной статье цикла мы остановимся на энергосбережении при осуществлении продувок и приведем наиболее распространенные схемы применения описанных методов. Кроме того, будет рассмотрен вопрос о снижении потерь при транспортировке пара и его использовании.*

**В** главе «Водоподготовка» предыдущей статьи мы писали о потенциале энергосбережения, связанном с повышением качества питательной воды. На практике систему водоподготовки стараются построить таким образом, чтобы она обеспечивала качество, соответствующее требованиям завода-изготовителя котла (то есть минимально достаточное). В процессе работы из-за того, что водяной пар практически не уносит с собой примесей, их содержание в котловой воде увеличивается (происходит их кон-

центрация). При этом из-за повышенной щелочности воды, наличия взвесей, следов масел и других факторов на водяной поверхности парового котла возможно образование пены, что влечет за собой риск ее уноса вместе с паром в систему парораспределения. В таком случае необходимой эксплуатационной операцией является верхняя продувка, которая отбирает определенное количество тепловой энергии, уходящей с нагретой до температуры насыщения котловой водой повышенной соленосодержания.

### Продувка

Средний объем продувок для современных котельных составляет 3–10 %. Верхняя продувка может осуществляться как в ручном режиме, так и в автоматическом (рис. 1). Разность в стоимости таких систем зависит от поставщика и составляет около 5,5 тыс. евро.

Эффективность применения автоматической системы продувки можно оценить расчетом общей подводимой теплоты, необходимой для производства заданного количества пара, при разных

величинах среднего общего солесодержания (TDS). Разница в величине среднего значения TDS для автоматических и ручных систем продувки объясняется различной величиной рабочих амплитуд систем по солесодержанию. При одинаковых значениях максимального TDS системы с верхней продувкой имеют большую амплитуду, то есть котловой воды сливается больше, чем в случае автоматической системы. Для иллюстрации эффективности применения автоматической системы продувки можно сравнить общую подводимую теплоту в паровом котле, необходимую для производства 5000 кг пара в час при максимальном значении TDS, равном 3500 ppm, и общем солесодержании питательной воды, равном 200 ppm. При температуре питательной воды 80 °С и рабочем давлении котла 9 бар энергосбережение по потребляемому топливу для системы с автоматической продувкой составит 0,9 % по сравнению с системой с ручной продувкой, выполняемой три раза в сутки.

Для котлов с достаточной паропроизводительностью может быть экономически выгодно использование специальных устройств: расширителей продувок, охладителей выпара, различных теплообменников для утилизации тепла, уносимого с продувками. Как правило, утилизированное тепло передается питательной воде.

Таким образом, рассматривая эффективность современных паровых котлоагрегатов (горелочное устройство и котел со вспомогательным навесным оборудованием без устройств утилизации тепла), можно говорить о том, что КПД котлов полностью определяется рабочим давлением и типом агрегата (в свою очередь определяющим температуру уходящих дымовых газов). Разность в КПД для котлов одного типа составляет менее 2 %, и потенциал энергосбережения от мероприятий, связанных с улучшением собственно котлоагрегата, не превышает 1,5 %.

Поэтому при выборе парового котла для конкретного применения следует принимать во внимание эксплуатационные преимущества: маневренность, надежность, необходимое качество водяного пара, допустимое экологическое воздействие.

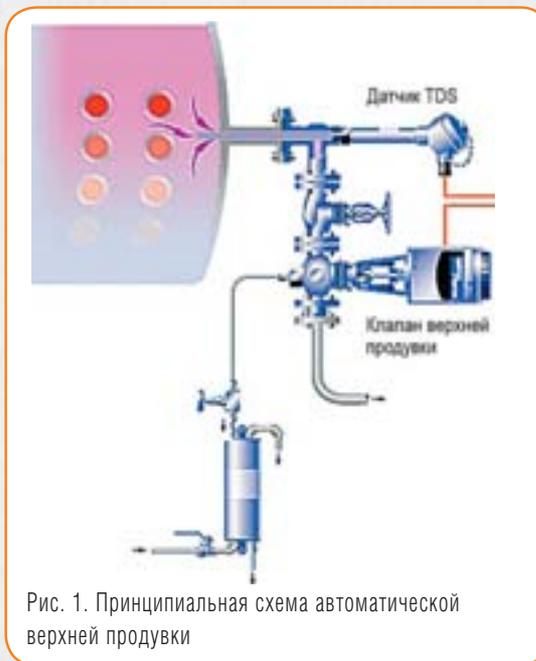


Рис. 1. Принципиальная схема автоматической верхней продувки

Говоря об эффективности котельной, следует рассматривать комбинированное применение энергосберегающего вспомогательного оборудования с обязательной оптимизацией его состава. Конечно, для этого существуют специальные компьютерные программы, позволяющие по исходным данным заказчика быстро рассчитать эффективность различной комбинации энергосберегающего оборудования и срок его окупаемости, однако они принадлежат производителям оборудования и свободно не распространяются.

Ниже приведены наиболее распространенные схемы, использующие энергосберегающее оборудование, с указанием достигнутых эксплуатационных параметров и термического КПД котельной (без учета собственного потребления пара и продувок).

*Паровой котел со встроенным экономайзером (рис. 2).* Общий КПД котлоагрегата с экономайзером при температуре питательной воды 105 °С (после термического деаэратора) – 95 %.

*Паровой котел со встроенным экономайзером и водоводяным теплообменником (рис. 3).* При низкой степени возврата конденсата (менее 70 %) применение водоводяного теплообменника для промежуточного теплообмена питательной воды

в деаэраторе дает дополнительный выигрыш в КПД системы. Кроме того, улучшаются условия работы питательных насосов и уменьшается риск кавитации. Общий КПД системы – 97 %.

*Паровой котел с экономайзером и воздухоподогревателем (рис. 4).* При высокой степени возврата конденсата (выше 80 %) для увеличения общего КПД системы целесообразнее применять водовоздушный подогреватель дутьевого воздуха. Однако его использование может быть ограничено уровнем NO<sub>x</sub> в уходящих газах при повышенных температурах вну-

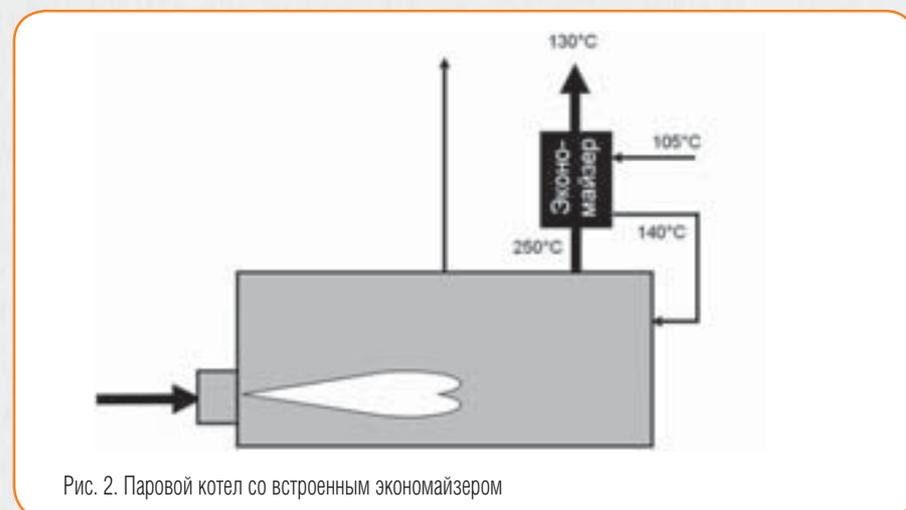


Рис. 2. Паровой котел со встроенным экономайзером

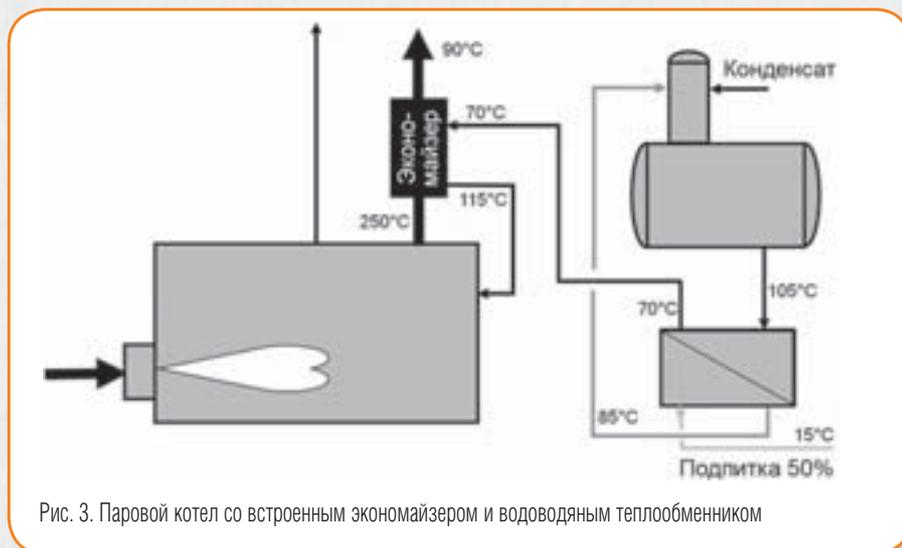


Рис. 3. Паровой котел со встроенным экономайзером и водоводяным теплообменником

три котельного помещения. Общий КПД системы – 96 %.

Паровой котел с экономайзером, водоводяным теплообменником и воздухоподогревателем (рис. 5). Общий КПД такой схемы (при степени возврата конденсата 75 %) составляет 97 %.

### Транспортировка пара

После получения водяного пара он направляется от котла к устройствам-потребителям, где часть его тепловой энергии (скрытая теплота парообразования) используется в технологических процессах. Движение пара по паропроводу происходит под действием разницы давлений, возникающей за счет конденсации в устройстве-потребителе, что сопровождается резким уменьшением объема теплоносителя (для атмосферного давления – в 1608 раз). При отсутствии тепловой нагрузки движение пара в паропроводе прекращается.

Диаметры паропроводов рассчитываются по максимальной скорости потока, определяющей повышенные шум и гидравлическое сопротивление при движении пара (либо выбираются по таблицам в зависимости от рабочего давления и расхода пара). Протяженные паропроводы, кроме того, дополнительно рассчитываются по падению давления. В этом случае диаметры труб оказываются значительно больше.

В зависимости от протяженности паропроводов, их диаметров, типа про-

кладки, толщины, плотности и качества применяемой теплоизоляции, будут различны и тепловые потери. Необходимо отметить, что потери в паропроводах через поверхность теплоизоляции могут оказаться существенно больше, чем в котельной.

Для предварительных расчетов можно принимать тепловую мощность потерь через теплоизоляцию паропроводов в диапазоне 150–300 Вт на 1 погонный метр. В этом случае при транспортировке 5000 кг/ч пара под давлением 9 бар на расстояние 500 м потери составят около 4 %, а при увеличении расстояния от котельной до потребителя до 1500 м – около 12 %.

Из-за уменьшения производственной мощности на отечественных предприятиях паропроводы часто эксплуатируются с существенной недогрузкой, то есть их диаметр значительно превышает оптимальный, соответствующий пропускной способности, а состояние теплоизоляции близко к неудовлетворительному. В таких случаях тепловые потери при транспортировке пара близки к потерям неизолированных трубопроводов. Например, для указанного выше паропровода длиной 500 м потери составят около 14,5 %, а для паропровода длиной 1500 м – 43 %. При таких потерях, связанных с транспортировкой пара, никакие энергосберегающие мероприятия в котельной не смогут компенсировать общую неэффективность пароконденсатной системы.

Следовательно, высокоэффективная теплоизоляция паропроводов, деаэраторов и другого оборудования, которое эксплуатируется с высокой температурой теплоносителя, а также оптимизация длины трубопроводов и их диаметров, являются первоочередными мероприятиями, которые должны быть рассмотрены при стремлении к энергосбережению в пароконденсатной системе.

### Использование подведенной теплоты

Полезное использование подведенной с паром теплоты происходит в технологическом теплообменном оборудовании: варочных котлах, теплообменниках,

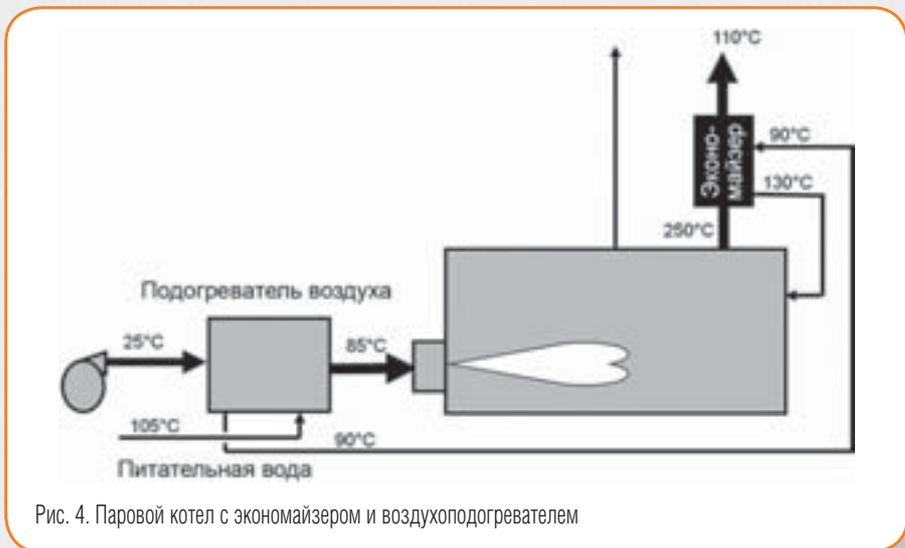


Рис. 4. Паровой котел с экономайзером и воздухоподогревателем

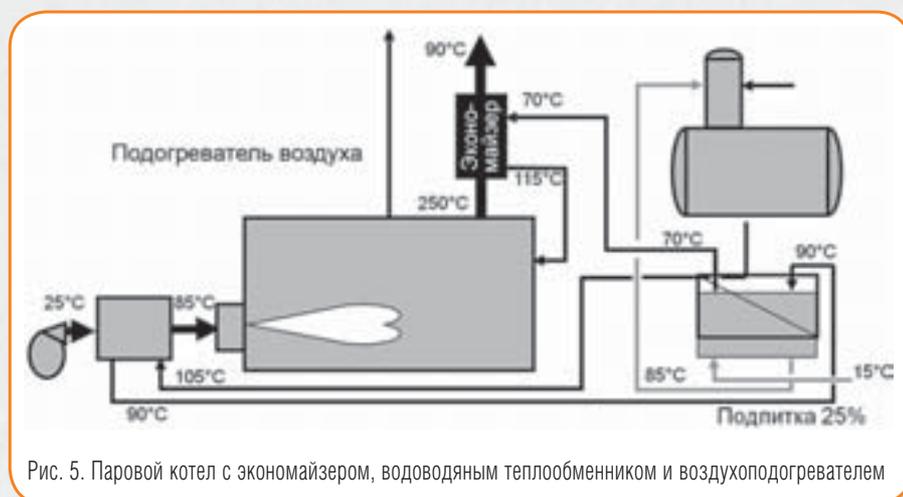


Рис. 5. Паровой котел с экономайзером, водоводяным теплообменником и воздухоподогревателем

сушильных барабанах, прессах и др. При отборе теплоты от поступающего насыщенного пара он конденсируется (проходит обратный фазовый переход), собирается и отводится конденсатоотводчиками. Как и прямой фазовый переход, конденсация проходит при рабочем давлении и постоянной температуре. Полученный при этом конденсат все еще обладает достаточной тепловой энергией, поэтому его необходимо как можно полнее вернуть в начало пароконденсатного цикла.

### Возврат конденсата

Первоначальный сбор и отвод конденсата из паропроводов и теплообменного оборудования осуществляется с помощью конденсатоотводчиков. Не будем подробно останавливаться на этом оборудовании, так как его рассмотрение представляет отдельную тему. Просто отметим, что конденсатоотводчики предназначены для автоматического отделения конденсата от пароводяной эмульсии и выпуска его из системы как не участвующего в технологическом процессе. Конденсатоотводчик должен выпускать воду, воздух и CO<sub>2</sub>, а также задерживать пар с помощью гидравлического или механического затвора. Затем отведенный конденсат должен быть собран и, по возможности, возвращен в начало цикла. Отметим, что существуют технологии и производства, где из-за контакта с продуктом, загрязнения кислотами, маслами или по дру-

гим причинам конденсат не может быть возвращен в котельную (например, производство пенопласта, пенобетона, растительных масел).

Рассматривая различные схемы, мы уже касались вопроса важности степени возврата конденсата, а в разделе, посвященном нагреву котловой воды, оценивали возможный потенциал энергосбережения при возврате тепла конденсата в питательную воду. Представляя собой питательную воду, к тому же нагретую до температуры насыщения, возвращенный в паровой котел конденсат сокращает расход не только топлива на дополнительный подогрев питательной воды, но и реагентов для ее подготовки, а также сырой воды. Снижается и потребление пара на собственные нужды (в деаэратор и на продувки).

Традиционный способ возврата конденсата заключается в применении сепараторов для ступенчатого снижения давления конденсата от рабочего (в технологическом оборудовании) до атмосферного (или давления в баке сбора конденсата) с одновременным отделением пара вторичного вскипания, появляющимся при снижении давления в нагретом до определенной температуры конденсате ниже давления насыщения. Пар вторичного вскипания может быть возвращен в цикл через деаэратор или охлажден в теплообменнике с получением дополнительного конденсата.

Окончательно весь доступный к возврату конденсат (при температуре около

90 °С) собирается в специальную емкость, откуда перекачивается в котельную и подается (с очисткой или без в зависимости от его качества) в бак питательной воды.

При гарантированном качестве получаемого конденсата может быть рассмотрена альтернативная схема: ввод конденсата в котел под давлением, то есть с нулевым испарением. Это позволяет максимально сэкономить энергию. При использовании такой схемы в установку должны входить резервуар повторного впрыска под давлением и питательный насос. Регулирование уровня воды в котле осуществляется подачей конденсата и воды, поступающей из резервуара питательной воды.

В зависимости от условий работы (скорость возврата, давление и температура конденсата на выходе из технологического оборудования) экономия энергии может составлять от 15 до 35 % (учитывая как прямое уменьшение подводимого тепла в котлоагрегате, так и снижение потребления пара на собственные нужды). При этом экономия воды пропорциональна доле повторного впрыска. Также происходит эквивалентное уменьшение затрат на подготовку питательной воды.

### Заключение

Подводя итог сказанному, следует напомнить, что энергосбережение в паровом хозяйстве – это комплекс мероприятий, который следует рассматривать отдельно для каждого объекта. Расчет эффективности инвестиций должны проводить специалисты. В общем случае приоритеты инвестирования в энергосбережение в паровом хозяйстве можно расставить следующим образом:

- уменьшение потерь при транспортировке пара;
- повышение процента возврата конденсата;
- уменьшение или утилизация тепла с уходящими газами;
- увеличение КПД собственно котлоагрегата;
- утилизация тепла продувок.

Отметим, что часто проведение одних из указанных выше мероприятий ведет к рассмотрению или необходимости проведения других.



В 2003 г. Правительством РФ была утверждена «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.» (ЭС-2020). Она стала первым в области энергетики официальным документом национального масштаба в новом столетии

## О когенерации в перспективе

В. Котлер, к. т. н.

В последние два года специалисты разного профиля заняты подготовкой новой «Энергетической стратегии», которая должна обеспечить не только расширение временного горизонта до 2030 г., но и скорректировать ЭС-2020 в соответствии с требованиями времени, новыми задачами и приоритетами страны.

В процессе подготовки ЭС-2030 в мае 2010 г. была рассмотрена «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики России до 2020 г. с учетом перспективы до 2030 г.» (Генеральная схема). Конечно, основное внимание в этом документе уделено предстоящему сооружению новых тепло-, гидро- и атомных электростанций с энергоблоками мощностью 100 МВт и выше, а также сооружению электрических сетей напряжением 220, 330 кВ и выше. Но авторы документа не забыли, что кроме электроэнергии наша промышленность, различные коммерческие предприятия и особенно коммунально-бытовой сектор нуждаются еще и в тепловой энергии.

Поэтому в Генеральной схеме имеются, например, такие разделы, как «Прогноз теплотребления и отпуска тепла от централизованных источников теплоснабжения до 2030 г.» и «Прогноз развития распределенной генерации». В них приводятся цифры и факты, которые, несомненно, представляют интерес для читателей нашего журнала.

Начнем с того, что в период с 2000 по 2010 гг. производство тепловой энергии от централизованных источников (прежде всего, ТЭЦ и РСТ – районных станций теплоснабжения; некоторое количество централизованного тепла поставляют теплоутилизирующие установки – ТУУ), оказывается, снизилось на 8,2% – с 1449 до 1329 млн Гкал. При этом все эти годы продолжался интенсивный рост ВВП, успешно развивалось промышленное производство и наращивались объемы жилищного строительства. Объясняется это противоречие просто: все чаще потребности в тепловой энергии решаются за счет автономных источников тепла (крышные и пристроенные котельные, поквартирное отопление).

Какую-то роль играет, вероятно, и переход к новым, более современным технологиям, позволяющим экономить тепло как в промышленности, так и в коммунально-бытовом секторе.

В таблице 1 приведена динамика потребления централизованного тепла за период с 2000 по 2030 гг.

Данные цифры позволяют сделать некоторые выводы. Во-первых, после 2010 г. потребление централизованного тепла все же начнет увеличиваться и к 2020 г. достигнет показателей 2000 г., а в 2030 г. – превзойдет этот уровень на 11%. Потребление тепла в домашних хозяйствах также будет возрастать из-за предполагаемых высоких темпов жилищного строительства. В 2030 г., как ожидается, коммунально-бытовой сектор потребует на 13,9% больше тепла только от централизованных источников.

Еще один интересный факт: потери в магистральных сетях (неизбежный спутник централизованного теплоснабжения) будут увеличиваться, хотя и не столь стремительно, как в период с 2000 по 2008 г.,

**Таблица 1. Динамика потребления централизованного тепла за период с 2000 по 2030 гг.**

Секторы экономики	Потребление централизованного тепла, млн Гкал					
	2000 г.	2008 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2030 г.
Общее потребление централизованного тепла	1449	1362	1329	1350	1449	1609
В т.ч. в обрабатывающей промышленности	479	436	415	418	474	554
В строительстве, сельском хозяйстве, секторе услуг, на транспорте и др.	371	318	305	313	334	378
В домашних хозяйствах	489	495	500	511	527	557
Потери в магистралях	110	114	110	109	114	120

когда их доля возросла от 7,6 до 8,4 % общего потребления тепла. Предполагается, что в 2030 г. благодаря новым изоляционным материалам и другим методам экономии удастся сократить потери в магистральных сетях до 7,46 % (хотя и после этого потери составят 120 млн Гкал).

В разделе, посвященном прогнозу развития распределенной генерации, авторы ЭС-2030 справедливо отмечают, что повышение экономической и энергетической эффективности электроэнергетики, ее надежности невозможно без оптимального сочетания крупных электростанций с масштабным развитием распределенной генерации. К последней относят обычно источники генерирующей мощности до 25 МВт – мини-ТЭЦ, расположенные в непосредственной близости от потребителей. В качестве первичной энергии для мини-ТЭЦ используется органическое топливо (в условиях России – это, прежде всего, природный газ), а в некоторых случаях – возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Мини-ТЭЦ, рассчитанная на нужды ее владельца, комплектуется, как правило, несколькими модулями, одновременно вырабатывающими электрическую и тепловую энергию. Каждая когенерационная установка состоит из двигателя (обычно используется газовая турбина, дизельный или газопоршневой агрегат), электрогенератора, теплообменников и коммуникационных систем. При мощности мини-ТЭЦ до 2–5 МВт чаще используют газопоршневые двигатели и микротурбины, при большей мощности (особенно при наличии крупного теплового потребителя) – газотурбинные установки.

Как правило, мини-ТЭЦ могут выдавать излишки генерируемой электрической мощности в распределительную сеть (35 кВ и ниже). С учетом этого в Генеральной схеме масштаб развития распределенной генерации оценивался по каждому региону отдельно, и в каждом регионе (для каждой ОЭС – Объединенной энергетической системы) на соответствующую

величину мощности сокращалась потребность в традиционных электростанциях (ТЭС, ГЭС, АЭС).

Оценка объемов ввода мощностей на мини-ТЭЦ по отдельным ОЭС осуществлялась с учетом численности городского населения и наличия в регионе природного газа. В таблице 2 приведена оценка развития распределенной генерации на базе когенерации по отдельным регионам для двух временных периодов: 2021–2025 и 2026–2030 гг. При этом было принято, что до 2020 г. наращивание мощности распределенной генерации будет осуществляться по предложениям генерирующих компаний. Кроме базового варианта ввода мощностей, в скобках приведены цифры максимального варианта.

Если принять, что средняя единичная мощность мини-ТЭЦ равна 7–8 МВт, то получается, что, например, за пятилетку с 2021 по 2025 гг. потребуется соорудить примерно 140–150 мини-ТЭЦ по базовому варианту, или 250–280 – по максимальному варианту.

Но нужно учитывать еще один фактор: в России, в многочисленных котельных, тепло вырабатывается без получения электроэнергии. При этом потребляется значительно больше топлива, чем на крупных тепловых электростанциях. Если это еще можно оправдать при сжигании угля, то на газе предпочтительнее, конечно, применить когенерацию. Следовательно, преобразование соответствующих газовых котельных в мини-ТЭЦ является наиболее значительным резервом экономии топлива и основным направлением развития распределенной генерации.

Укрупненная оценка, выполненная авторами Генеральной схемы, показывает, что в перспективе потенциальные возможности сооружения мини-ТЭЦ вместо действующих неэкономичных устаревших котельных в городах и поселках могут составить суммарную электрическую мощность порядка 120 ГВт. Для этого потребуется 15 тыс. газотурбинных или газопоршневых установок при их средней единичной мощности 8 МВт. И это без учета установок, которыми можно будет обеспечить прирост новых тепловых нагрузок.

**Таблица 2. Оценка масштабов развития распределенной генерации на базе когенерации**

ОЭС	Вводы мощностей на базе когенерации, МВт	
	2021–2025 гг.	2026–2030 гг.
Северо-Запад	129 (216)	212 (431)
Центр	352 (680)	707 (1357)
Юг	257 (393)	397 (684)
Средняя Волга	130 (243)	230 (486)
Урал	202 (416)	398 (810)
Сибирь	0 (0)	0 (0)
Восток	29 (57)	60 (120)
Всего по РФ	1099 (2008)	2001 (3888)



Роль децентрализованного энергоснабжения в энергетической системе России повышается с каждым годом. В этой статье мы приводим примеры мини-ТЭЦ, построенных в течение 2009–2010 гг.

## Автономное энергоснабжение в примерах

Л. Подзорова

**С**обственные энергоцентры все чаще применяются для электро- и теплоснабжения предприятий, логистических комплексов, коммерческих объектов, общественных и административных зданий.

### Месторождения

Нефтегазовые месторождения – традиционная область применения оборудования для автономной энергетики. Это обусловлено удаленностью от необходимой инфраструктуры и наличием собственных энергоносителей. Отметим, что с 2012 г. утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ), большая часть которого в настоящее время сжигается в факелах, должна составлять не менее 95 %. Одно из решений, способствующих выполнению поставленной задачи, – использование ПНГ в качестве топлива для ко-

тельных и мини-ТЭЦ, обеспечивающих тепловой и электрической энергией технологические системы и жилые поселки месторождений.

Так, в начале этого года на Нижне-Шапшинском месторождении (Ханты-Мансийский АО) ОАО НК «РуссНефть» была запущена первая очередь автономной электростанции мощностью 17 МВт на базе газопоршневых двигателей GE Jenbacher. Используемое топливо – ПНГ. Для работы в аварийном режиме предусмо-

трена дизель-генераторная установка Gesan DP(S) 630. Поставщик генерирую-



Рис. 1



Рис. 2

щего оборудования – компания «Макс Моторс». Полная проектная мощность объекта – 44 МВт. Излишки электроэнергии планируется продавать другим потребителям. Заказчик проекта – компания «ЮграГазПроцессинг». Генподрядчиком выступило ЗАО «Гипронг-Эком».

Строительство осуществлено в рамках совместного проекта по утилизации ПНГ. Кроме того, предусмотрено возведение газоперерабатывающего завода, что позволит довести утилизацию ПНГ до 95 %.

В декабре прошлого года введена первая очередь газотурбинной электростанции Южно-Приобского месторождения (Ханты-Мансийский АО) компании «Газпром нефть» (рис. 1). Генеральный подрядчик строительства «под ключ» – ЗАО «Искра-Энергетика». Основное оборудование – ЭГЭС-12С единичной мощностью 12 МВт, изготовленная на базе газовой турбины ГТУ-12ПГ Пермского моторного завода. Суммарная электрическая мощность первой очереди – 48 МВт. Используемое топливо – природный газ. В перспективе планируется перевод на ПНГ.

Проектом предусмотрено увеличение мощности в три раза. Запуск второй очереди намечен на декабрь этого года. Назначение объекта – снабжение электроэнергией технологических систем месторождения, а также завода по переработке

ПНГ, построить который намечено к 2012 г.

Еще один проект, заверченный в 2009 г., – энергокомплекс Казанского нефтегазоконденсатного месторождения ОАО «Томскгазпром» (рис. 2). Он оснащен тремя газопоршневыми установками ГДГ-90, работающими в режиме когенерации, а также дизельной электростанцией ДГР-520, изготовленными

первая очередь объекта на базе паровой турбины мощностью 3,5 МВт, установленной в заводской котельной. Это позволило покрыть потребности предприятия в электроэнергии на 40 %. Недостаток такого решения – снижение выработки электроэнергии в теплый сезон, когда падает потребность в тепле.

Поэтому в сентябре прошлого года была запущена вторая очередь мини-ТЭЦ. Газотурбинная установка OPRA (Нидерланды), работающая на природном газе, имеет электрическую мощность 1,8 МВт, тепловую – 3,6 МВт. Суммарный КПД – до 90 %. Содержание в продуктах сгорания CO и NO<sub>x</sub> – не более 20 ppm. Расчетный срок окупаемости – 3,5 года.

Запуск позволил полностью покрыть потребности завода в электроэнергии. Поставку и монтаж оборудования выполнила компания «БПЦ Энергетические Системы». В перспективе предусмотрен ввод еще одной ГТУ OPRA, обеспечивающей растущие потребности предприятия, а также внешних потребителей.

Реконструкция уже существующего здания для размещения в нем мини-ТЭЦ осуществляется в настоящее время на Гусевском хрустальном заводе (Владимирская обл.). В нем будет размещено пять газопоршневых установок Waukesha VHP 5904 GSID суммарной электрической мощностью 4,5 МВт и тепловой – 4,2 МВт. Используемое топли-

ОАО «Волжский дизель имени Маминых» (Балаково, Саратовская обл.). Суммарная электрическая мощность – 1,87 МВт. Используемое топливо – ПНГ.

Одна из интересных особенностей этого проекта заключается в том, что изготовитель и поставщик силового оборудования выступил собственником вырабатываемой тепловой и электроэнергии, которую у него приобретает заказчик.

### Промышленные предприятия, склады, строительные площадки

Одно из основных направлений развития децентрализованной энергетики – производственные и складские комплексы. Наличие энергоцентра позволяет предприятиям бесперебойно получать электроэнергию для собственных нужд по относительно невысокой себестоимости.

Решение о строительстве собственного энергоцентра было принято руководством Вологодского оптико-механического завода в 2001 г. Через два года была введена



Рис. 3

во – магистральный газ. Генерирующее оборудование, комплектные распределительные устройства с двумя отходящими линиями, а также систему утилизации тепла и другие инженерные системы для станции поставит компания «Энерготех».

В прошлом году в поселке Шушары (Ленинградская обл.) был построен энергоцентр для снабжения энергией логистического комплекса компании «Крионорд» (рис. 3). В его состав вошли два газопоршневых агрегата FG Wilson PG1250B и один – PG345B, включенные параллельно, два водогрейных котла Viessmann, а также дизельная электростанция FG Wilson P635P1. Суммарная электрическая мощность мини-ТЭЦ – 2,28 МВт, тепловая – 4,3 МВт. Проектирование, поставка оборудования, монтаж и пусконаладка выполнены компанией «Президент-Нева» Энергетический центр».

Для энергообеспечения крупных строительных площадок нередко применяются мобильные энергоцентры. Так, в этом году «РАО ЭС Востока» приняло в эксплуатацию газотурбинную мини-ТЭЦ «Северная» на о. Русский (Владивосток) (рис. 4). Вырабатываемая энергия предназначена для стройплощадки западной части острова. Мобильность энергоцентра позволяет передислоцировать его на другие объекты.

В состав основного оборудования входят две ГТУ OPRA единичной электрической мощностью 1,8 МВт и тепловой – 4 МВт, а также два пиковых водогрейных котла мощностью 2 МВт каждый. Суммарная электрическая мощность объекта (включая дизельные генераторы) – 5,6 МВт, тепловая – 12 МВт.

Мини-ТЭЦ «Северная» – один из объектов, запланированных к возведению в рамках подготовки к саммиту АТЭС, который пройдет во Владивостоке в 2012 г. Кроме того, на ноябрь этого года намечен ввод первой очереди мини-ТЭЦ «Центральная», проектируются энергоцентры «Океанариум» и «Коммунальная».

**Коммерческие объекты, административные и общественные здания**

Массовое городское строительство при дефиците генерирующих мощностей повысило интерес к возведению ав-



Рис. 4

тономных энергоцентров для торговых, развлекательных и спортивных комплексов, общественных и административных зданий. Характерная особенность таких объектов – возможность работы в режиме тригенерации.

Например, в начале 2010 г. в Брянске введена в эксплуатацию первая очередь газопоршневой мини-ТЭЦ, обеспечивающая электроэнергией, теплом и холодом торгово-развлекательный комплекс «Торговый дом Тимошковых». Основное оборудование – два агрегата MWM TCG 2020 V12 суммарной электрической мощ-

ностью 2,318 МВт. Максимальная тепловая мощность объекта – 3,477 МВт.

Энергоблок работает совместно с существующей водогрейной котельной тепловой мощностью 1,884 МВт. В течение отопительного сезона агрегаты поставляют тепловую энергию в системы отопления, ГВС и вентиляции. Установка абсорбционных холодильных машин позволяет в теплый период вырабатывать холод для системы кондиционирования.

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

В настоящее время ведется строительство второй очереди энергоцентра в Мякининской пойме (Красногорский



Рис. 5

р-н, Московская обл.), предназначенного для обеспечения зданий правительства Московской области, областного суда и других объектов. Первая очередь запущена в 2008 г. Установлены четыре газопоршневых двигателя Jenbacher JMS 620 единичной электрической мощностью 3010 кВт и тепловой – 2846 кВт. Для покрытия пиковых тепловых нагрузок предусмотрены три водогрейных котла общей мощностью 24 МВт. Основным топливом служит природный газ, резервным – дизельное топливо.

Для обеспечения работы систем кондиционирования в теплый сезон применяются абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины, размещенные в зданиях – потребителях холода.



Рис. 6

Проект разработан Группой компаний «НАТЭК» и предусматривает доведение электрической мощности энергоцентра до 30,1 МВт, тепловой – до 52 МВт. Монтажные и пусконаладочные работы выполнены МПНУ «Энерготехмонтаж».

В декабре 2009 г. в Нижнем Новгороде открылась международная клиническая больница им. Б.И. Филоненко, строительство которой велось с 2006 г. Проект предусматривал возведение офтальмологической клиники и клинической больницы (эти объекты уже функционируют), а также роддома. Электрическую и тепловую энергию обеспечивает собственный энергоцентр.



Рис. 7

Это частная многопрофильная больница, оснащенная самым современным медицинским оборудованием. Владелец больницы – ЗАО СП «Визус-1» – работает в нашей стране с 1997 г.

### ЖКХ

В городском хозяйстве мини-ТЭЦ, как правило, применяются для энергообеспечения крупных объектов инженерной инфраструктуры. При этом по возможности реализуются схемы использования альтернативного топлива. Так, в начале 2009 г. на Курьяновских очистных сооружениях МГУП «Мосводоканал» запущена в эксплуатацию мини-ТЭЦ мощностью 10 МВт (рис. 5). Используемое топливо – биогаз, получаемый при утилизации органических осадков очистных сооружений. Производительность 24 метатенков – 250 тыс. м<sup>3</sup>/сут (более 90 млн м<sup>3</sup>/год).

В состав мини-ТЭЦ входят четыре параллельно включенных модуля. В каждом из них – газопоршневая установка GE Jenbacher, электрогенератор мощностью 2,5 МВт, парогенератор для утилизации тепла дымовых газов, контур утилизации тепла оборотной охлаждающей воды и масла ГПУ. Предусмотрена возможность установки пятого модуля.

Заказчиком выступило московское правительство, частными инвесторами – австрийский концерн EVN и его германское подразделение WTE Wassertechnik.

Для энергообеспечения многоквартирных жилых домов применение мини-ТЭЦ пока является «экзотикой». Как правило, это вынужденная мера, к которой прибегают при невозможности подключения к магистральным сетям в разумные сроки.

Другое дело – энергоснабжение отдаленных населенных пунктов, где мини-ТЭЦ служит практически безальтернативным источником электроэнергии. Так, летом 2009 г. в поселках Тыяйа и Чагда Кобяйского улуса (Якутия) были запущены в эксплуатацию две микротурбинные электростанции (рис. 6, 7). Мощность каждой из них – 195 кВт, основное оборудование – микротурбины Capstone (США). В будущем наметен перевод на работу в режиме когенерации, что позволит организовать централизованное теплоснабжение поселков. Заказчиком выступило ОАО «Сахаэнерго», подрядчиком – компания «БПЦ Энергетические Системы».

### Заключение

Список примеров новых мини-ТЭЦ, обеспечивающих электроэнергией и теплом самые разные объекты, довольно большой. И это лишний раз доказывает – малая энергетика прочно вошла в нашу жизнь, гибко дополнив возможности централизованного снабжения.

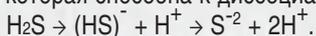
# Методы очистки попутного нефтяного газа от сероводорода

М. Иванов, к. х. н.

Ежегодно в России собирается около 55 млрд м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа (ПНГ), причем свыше 20 % этого объема сжигается на факелах. Остальное количество этого продукта используется в качестве топлива, либо транспортируется по промышленным трубопроводам для переработки. Одна из причин, затрудняющих рациональное использование ПНГ, – наличие в его составе сероводорода и других серосодержащих примесей.

Содержание этих примесей в ПНГ может колебаться от 1 до 6 % (по массе). Основную их долю составляет сероводород, хотя могут присутствовать и другие сераорганические соединения: меркаптаны (R-SH), сульфиды (R-S-R), дисульфиды (R-S-S-R), тиофены, тиофаны. Однако их количество по сравнению с сероводородом незначительно и обычно составляет от 0,1 до 0,05 %. Важно отметить, что сероводород и другие серосодержащие примеси являются токсичными веществами, способными снижать активность катализаторов, используемых при газоподготовке, усиливать образование нагара при сжигании, а самое главное – ускорять коррозию металлов при контакте.

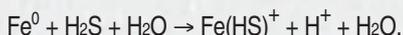
Разрушающему действию сероводорода способствует присутствие в ПНГ влаги, кислорода и диоксида углерода. Как известно, сероводород в присутствии влаги представляет собой слабую кислоту, которая способна к диссоциации:



Очевидно, степень диссоциации будет увеличиваться в присутствии других агентов, например, диоксида углерода, способной закислять водную среду:



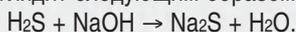
Поэтому сероводородная кислота, так же как и все остальные кислоты, реагирует с железом и другими металлами с образованием труднорастворимых солей, сульфидов:



Образовавшиеся сульфиды по отношению к железу создают гальваническую пару с разностью электрических потенциалов от 0,2 до 0,5 В, что приводит к еще более быстрому разрушению материала газопроводов.

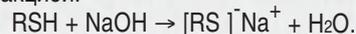
Применяют различные методы очистки ПНГ от сернистых примесей: абсорбционный, физическими способами, комбинированными поглотителями, удаление примесей с использованием процессов гидрирования и при помощи адсорбционного взаимодействия. Выбор метода обычно определяется в зависимости от углеводородного состава ПНГ и содержания всех видов сернистых примесей, включая сероводород, меркаптаны, органические сульфиды и тиофены, а также концентрации других видов примесей, в частности, диоксида углерода.

Довольно распространенным методом очистки попутного газа является использование абсорбции кислотных примесей сернистых соединений щелочными агентами. Для этих целей применяют едкие щелочи натрия и калия, карбонаты щелочных металлов, а также органические алкильные амины. Процесс очистки выглядит следующим образом:



В результате этого взаимодействия происходит образова-

ние соли сильного основания и сероводородной кислоты, которая будет оставаться преимущественно в водном растворе. Одновременно с этим происходит и удаление примесей меркаптанов. В этом случае процесс может быть проиллюстрирован следующей химической реакцией:



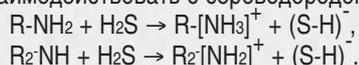
Метод абсорбции позволяет удалять значительную долю сернистых примесей из ПНГ. При этом также происходит очистка от примесей диоксида углерода.

В соответствии с распространенной технологической схемой главными стадиями этого процесса являются абсорбция газообразных примесей и восстановление активности отработанных растворов. Обычно процесс такой очистки в промышленных условиях осуществляется следующим образом. Попутный газ поступает снизу в вертикальный резер-



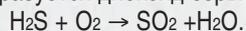
вуар, где орошается сверху очистительным раствором. Сбор очищенного газа производится в верхней части аппарата. Этот метод, обычно применяемый на малых и средних месторождениях, основан на технологии Sulfurex фирмы DMT (Голландия). В нашей стране ее реализует компания «Нефтегазинжиниринг» (Москва).

Кроме щелочей для удаления примесей серных соединений применяют и органические амины – как первичные, так и вторичные. Основность этих соединений оказывается достаточной, чтобы взаимодействовать с сероводородом:

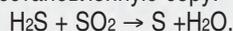


Для проведения абсорбции чаще всего используются водные растворы моноэтаноламина, диэтаноламина, а также других органических азотосодержащих оснований.

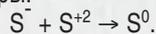
Отработанные растворы, остающиеся после абсорбционной очистки ПНГ, в дальнейшем могут быть регенерированы. Один из наиболее распространенных способов такой регенерации – обработка по методу Клауса, позволяющему получать серу в элементарном состоянии. Сущность этого метода заключается в следующем. Сначала сероводород и его производные окисляют кислородом воздуха путем сжигания, в результате чего образуется диоксид серы и вода:



Затем полученные продукты смешивают с исходным газом, содержащим восстановленную серу:



При участии катализатора при высоких температурах происходит процесс самоокисления-восстановления, приводящий к образованию элементарной серы:



Преимущество данного метода – он позволяет использовать газы с различными концентрациями сероводорода. К недостаткам можно отнести то, что экономически его применение оправдано только для нефтяных месторождений с большим объемом добычи ПНГ. В ряде случаев регенерацию отработанных растворов осуществляют путем отдувки меркаптанов при кипячении водных раство-



ров щелочей или окислением меркаптанов, если предусматривается получение дисульфидов.

Наряду с химическими методами удаления примесей соединений серы из ПНГ иногда достаточно эффективно применяется физический метод. Суть его в том, что очищаемый газ орошается жидкими компонентами, в которых хорошо растворяются сернистые примеси. (Такая очистка также производится в абсорберах.)

В качестве жидких поглотителей примесей используются эфиры моно- и полиэтиленгликолей, например, диэтиловые эфиры этиленгликоля и триэтиленгликоля. Эти химические соединения не вызывают коррозию оборудования и хорошо смешиваются с водой.

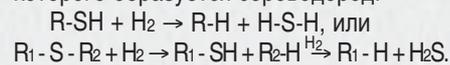
Среди органических соединений, применяемых для удаления примесей соединений серы согласно этому методу, следует упомянуть N-метилпирролидон, представляющий собой высококипящий физический абсорбент. Соответствующая технологическая схема традиционна: она включает абсорбер для извлечения примесей и десорбер для регенерации используемого абсорбента.

В некоторых случаях для удаления примесей производных серы из ПНГ целесообразно использовать комбинированные поглотители – смеси

компонентов для хемосорбции и методов физического очищения. Выбор этого способа определяется исходя из состава газа. Так, если ПНГ содержит преимущественно меркаптаны и другие сероорганические соединения, то применяют N-метилпирролидон с добавкой 5 % воды. Если же исходный очищаемый газ содержит преимущественно сероводород, то в систему абсорбента необходимо добавлять от 3 до 5 % моноэтаноламина или диэтаноламина.

Преимущество этого способа – возможность использования в широком диапазоне концентраций примесей сернистых соединений. Еще одним достоинством является то, что на его проведение не влияет присутствие в ПНГ диоксида углерода, которая отрицательно сказывается на некоторых видах очистки. Вызвано это тем, что двуокись углерода практически не растворяется в абсорбенте. К недостаткам этого метода можно отнести высокую стоимость N-метилпирролидона.

Еще один вариант очистки нефтяного газа от примесей меркаптанов – каталитическое гидрирование, в результате которого образуется сероводород:

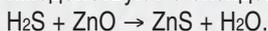


Образующийся при этом сероводород в дальнейшем убирается одним из ранее перечисленных методов. Реакция протекает в присутствии комплексных катализаторов, содержащих алюминий, кобальт и молибден. Процесс проводится при температуре 300–400 °С при концентрации водорода в газовой смеси от 3 до 10 %. Этот способ сложен в реализации и поэтому применяется, когда нужно, чтобы содержание меркаптанов было



наименьшим, а чистота, достигаемая при использовании различных поглотителей, недостаточна.

Для очистки ПНГ от примесей соединений серы также применяется технология, основанная на химическом превращении сероводорода в малорастворимые в воде сульфиды. Такая адсорбционная очистка может проводиться как при высокой, так и низкой температуре. Так называемые сухие методы чаще всего проводятся при температурах 300–350 °С в присутствии оксидов металлов. В этих условиях сероводород и меркаптаны активно взаимодействуют с оксидом цинка:



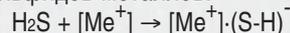
Очистка смеси газообразных углеводородов часто производится при помощи катализатора АПС-Т, выпускаемого в виде таблеток на основе активированного оксида цинка и используемого во II ступени очистки для поглощения сероводорода. Для этих же целей может использоваться цинкомедный катализатор марки АПС-Ф (формованный). Преимуществом этого метода является простота и промышленная надежность,



недостатком – относительно большой расход сорбента, что требует частой его замены в аппарате. Этот способ обычно применяется, если концентрации сероводорода и меркаптанов не превышают 50 мг/м<sup>3</sup>.

Также известен способ сероочистки ПНГ, основанный на использовании в качестве поглотителей природных минералов, содержащих оксиды и гидроксиды марганца и железа в сочетании с кварцем. Среди этих минералов наибольший интерес представ-

ляют адсорбенты, полученные на основе железомарганцевых руд, которые в воде образуют среду, близкую к нейтральной. Извлечение примесей серы с помощью этих сорбентов основано на протекании на поверхности химических процессов, приводящих к образованию сульфидов металлов:



По мнению специалистов, этот метод наиболее перспективен, поскольку он характеризуется высокой степенью очистки и низкими энергетическими затратами. Принципиальная технологическая схема предусматривает использование установки, состоящей из трех адсорберов. В нормальном режиме обычно работают только два аппарата, в то время как в третьем производится замена поглотителя. Технология не предусматривает регенерации сорбента – отработанный поглотитель отправляется на металлургический комбинат для выплавки металла. Один из предлагаемых для таких целей сорбентов – ДС-001, выпускаемый ООО НПО «Диомар» (Санкт-Петербург).

## В Белоруссии открылось представительство БПЦ

12 октября 2010 г. компания «БПЦ» объявила об открытии официального представительства в Республике Беларусь. Мероприятие для прессы прошло в Минске в рамках деловой программы XV Белорусского энергетического и экологического форума и XV Международной специализированной выставки «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро» (EnergyExpo 2010), где компания представила свои решения в области распределенной энергетики на стенде Министерства жилищно-коммунального хозяйства РБ. В пресс-конференции приняли участие генеральный директор «БПЦ Энергетические Системы» Александр Скороходов, директор по маркетингу Ольга Парфенова и руководитель проектов Вячеслав Воронин, которые рассказали о новом подразделении компании и ответили на вопросы журналистов.

Открытие официального представительства компании в Республике Беларусь связано с высоким потенциалом белорусских предприятий в сфере повышения энергосбережения и энергоэффективности и растущей потребностью в передовых энергетических технологиях, необходимых для реализации данного потенциала. Александр Скороходов рассказал о целях создания представительства и стратегических планах развития бизнеса на территории республики.

По его словам, официальное представительство БПЦ будет являться некоммерческой структурой, призванной решать задачи продвижения энергоэффективных технологий на базе микротурбин Capstone (США) и газовых турбин OPRA (Нидерланды).

Сегодня БПЦ ведет активную работу не только в России, но и на Украине, в Узбекистане и некоторых других странах ближнего зарубежья. Открытие представительства в Белоруссии – это очередной шаг к расширению деятельности компании на территории стран СНГ.

На сегодняшний день в Минске уже эксплуатируются две микротурбинные установки Capstone С65, обеспечивающие электроэнергией городской автотехцентр. В числе реализуемых проектов – строительство электростанции для крупнейшего железнодорожного узла Белоруссии – Барановичи. Оно осуществляется при поддержке Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь.

Важное преимущество электростанций БПЦ – способность работать со сложными газами, в том числе содержащими до 5–7 процентов сероводорода, без предварительной газоподготовки.



Блочные котельные нашли широкое применение на строительных площадках г. Москвы и других регионов. Наши блочные котельные позволяют сократить сроки строительства и повысить качество отделочных работ в зимний период, а также в кратчайшие сроки ликвидировать аварийные ситуации в отопительных системах.



Мощность от 100 кВт до 1500 кВт  
Отапливаемая площадь до 15000 м<sup>2</sup>  
Экономичный режим работы  
Быстрая установка на месте  
Работают в автоматическом режиме

## Блочно-модульные котельные

140054, Московская область, Люберецкий район, г. Котельники, Новорязанское шоссе, д.6  
Тел.: 8 (495) 543-96-15, Факс: 8 (495) 543-96-18, [www.impulstechno.ru](http://www.impulstechno.ru), e-mail: [prd@impulsgroup.ru](mailto:prd@impulsgroup.ru)

# Содружество большой и малой энергетики

*В следующем году исполнится 90 лет со дня создания ВТИ – Всероссийского дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнического научно-исследовательского института. В преддверии этого события, знаменательного для всех теплотехников России, наш корреспондент обратился к Президенту ВТИ, доктору технических наук, члену-корреспонденту Российской академии наук Гургену Гургеновичу Ольховскому.*

**«Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» (ПКМ):** Уважаемый Гурген Гургенович, возглавляемый вами институт широко известен не только в России, но и за рубежом. С деятельностью института связано становление отечественной энергетики: ВТИ принимал активное участие в разработке, наладке и исследовании мощных энергетических блоков на сверхкритические параметры пара, сотрудники ВТИ много сделали для совершенствования работы крупных тепловых электростанций.

Но наряду с «большой» энергетикой существенную роль в жизни страны играет и «малая». Это промышленные и отопительные котельные, мини-ТЭЦ, вырабатывающие не только тепловую, но и электрическую энергию.

Нельзя ли огромный научный потенциал вашего института, накопленный за прошедшие 89 лет, использовать в сфере малой энергетики для решения проблем, серьезно осложняющих жизнь предприятиям малого и среднего бизнеса, рядовым горожанам?

**Гурген Ольховский:** Дело в том, что ВТИ с момента своего создания участвовал в решении проблем малой энергетики. Вспомните хотя бы комплекс работ ВТИ по обоснованию эффективности использования теплофикации для целей теплоснабжения. Именно в нашем институте были разработаны методики гидравлического и теплового расчета тепловых сетей и систем теплоснабжения. Хочу напомнить, что широко распространенные в России и странах СНГ водогрейные котлы типа ПТВМ были разработаны

сотрудниками ВТИ. Можно привести еще ряд интересных примеров.

**ПКМ:** Перечисленные вами примеры действительно весьма значительны, но они относятся к 60–80-м годам прошлого века. А что делает ВТИ в наши дни для повышения эффективности и надежности объектов малой энергетики?

**Г. О.:** Для начала хотелось бы сообщить читателям вашего журнала, что все 10 специализированных подразделений нашего института осуществляют исследования и разработки на основе системы менеджмента качества, сертифицированной TÜV на соответствие стандартам ISO 9001: 2008. От уполномоченных органов наш институт получил лицензии на проведение экспертизы промышленной безопасности, на деятельность по эксплуатации тепловых сетей, на право производства работ по монтажу, ремонту и обслуживанию средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, а также многочисленные свидетельства и сертификаты.

Используя богатый опыт в области теплоэнергетики и комплекс перечисленных документов, ВТИ все больше внимания уделяет работам, направленным на совершенствование оборудования объектов малой энергетики и жилищно-коммунального хозяйства.

Несколько лет назад ОАО «ВТИ» получило свидетельство о наделинии его полномочиями в качестве экспертной организации системы Добровольной сертификации НП «ВТИ» и Испытательного центра «Теплотехник». Центром выполняются различные работы по оценке



соответствия технологий производств действующим нормативным документам. У нас накоплен большой опыт по созданию стандартов, разработке методик и других нормативных документов для применения их в энергетике.

**ПКМ:** Для повышения энергетической эффективности промышленных котельных большое значение имеет качество водоподготовительных установок и водно-химический режим. Могли бы вы назвать примеры успешных работ ВТИ в этой области?

**Г. О.:** За последнее время наши сотрудники провели ряд работ по актуализации и разработке паспортов водоподготовительных установок (ВПУ) и водно-химических режимов для объектов теплоснабжения в Москве и Подмосковье.

Были разработаны мероприятия по ресурсо- и энергосбережению, составлены рекомендации по внедрению современных технологических решений и техперевооружению ВПУ. Успешные результаты работ подтверждаются

отзывами от квартальных тепловых станций – КТС-16, 17, 24, 26, 54, 58, «Нижние котлы», районных тепловых станций – РТС-1, 2, 3, 4, «Солнцево», «Кунцево», «Переделкино», «Бутово», а также для ГТ ТЭС «Терешково».

**ПКМ:** Судьба промышленных котельных часто определяется качеством проектных решений, принятых еще до сооружения объекта. Удастся ли ВТИ влиять на эффективность и экономичность промышленных объектов при их сооружении или перед предстоящей реконструкцией?

**Г. О.:** Экспертиза технических предложений и проектов занимает важное место в деятельности института. В последнее время, например, для энергетиков нескольких крупных предприятий – ОАО «Тагмет», ОАО «Северский трубный завод», ОАО «Волжский трубный завод» – были подготовлены экспертные заключения с оценкой технологии и экономической адекватности проектов. Анализ соответствия цены предлагаемого поставщиками оборудования и реальной рыночной стоимости проекта при заданной эффективности позволил сократить затраты за счет принятия оптимального технологического решения.

**ПКМ:** Для Москвы, как и для всех крупных городов России и за рубежом, все более угрожающий характер принимает проблема твердых бытовых отходов (ТБО). Может ли ваш институт чем-то помочь московским властям, которые уже не в состоянии вывозить тысячи тонн мусора в Подмоскowie?

**Г. О.:** Не только можем, но уже активно помогаем. ВТИ длительное время занимается разработкой технологии утилизации ТБО с отбором вторичного сырья и выработкой тепловой и электрической энергии. Наши сотрудники подготовили технические предложения по строительству, эксплуатации и экологической безопасности мусоросжигательных заводов. Как всегда, ВТИ не ограничивается «бумажной» работой. Начинаем мы, конечно, с проектной документации и при необходимости

согласовываем ее в Ростехнадзоре. Затем сотрудники ВТИ осуществляют шеф-монтаж, проводят пусконаладку с составлением режимных карт и инструкций по эксплуатации основного оборудования. Большое внимание мы уделяем системам газоочистки, при необходимости организуем обучение персонала.

В завершении мы проводим наладку и пуск систем газоочистки мусоросжигательных заводов, поскольку именно эти системы решают вопрос об отношении москвичей к проблеме использования ТБО.

О том, насколько эффективна помощь ВТИ, могут рассказать руководители спецзаводов Москвы и Череповца.

**ПКМ:** В последние годы популярным направлением повышения энергоэффективности тепловых источников становится применение в котельных комбинированного цикла производства тепла и электроэнергии. Теплофикационная выработка обеспечивает значительную экономию топлива при использовании парогазового цикла. Мог бы опыт исследований ВТИ в области газовых турбин использоваться для модернизации промышленных и отопительных котельных?

**Г. О.:** Действительно, номенклатура выпускаемых в России газотурбинных установок (ГТУ) на базе конвертированных авиадвигателей позволяет превратить отопительные котельные с котлами теплопроизводительностью 50, 100 и 180 Гкал/ч в ГТУ-ТЭЦ. Удельные расходы топлива на отпущенную электроэнергию в этом случае будут находиться при минимальном летнем и максимальном зимнем режимах, т.е. в диапазоне, соответственно, от 150 до 190–200 г условного топлива на 1 кВт•ч.

Наш институт имеет многолетний опыт реализации газотурбинных и парогазовых технологий для источников теплоснабжения. Начинаем мы, как правило, с обоснования инвестиций в строительство и разработки технико-экономического обоснования проекта по использованию ГТУ-ТЭЦ и ПГУ в отопительных котельных. Обязательной частью исследования является разработка оптимальных тепловых и пусковых схем. Затем дело доходит до пусконаладочных работ и комплексного

опробования тепломеханического оборудования при реализации ГТУ-ТЭЦ и ПГУ на отопительных котельных. Последний этап – режимная наладка, тепловые гарантийные испытания, а также разработка энергетических характеристик оборудования и нормативно-технической документации по топливоиспользованию.

**ПКМ:** Не могли бы вы привести конкретные примеры внедрения описанных схем и технических решений, доказывающих целесообразность использования ГТУ-ТЭЦ?

**Г. О.:** Большой комплекс работ был выполнен сотрудниками ОАО «ВТИ» на РТС «Строгино» в Москве (ПГУ-130: две ГТУ, два котла-утилизатора и одна паровая турбина). Проводятся работы и в других городах России: ПГУ-115 в котельной Северо-Западного района Курска; разработаны оптимальные тепловые и пусковые схемы ГТУ-ТЭЦ и ПГУ для Челябинской и Минской ТЭЦ-3, ПГУ-210 для Новгородской, Костромской и Тверской ТЭЦ, ПГУ-110 для Курганской и Вологодской ТЭЦ, ПГУ-180Т для Первомайской ТЭЦ и др.

Хотелось бы сказать ещё об одном московском объекте: на газотурбинной ТЭЦ «Коломенская», установлены три зарубежные ГТУ мощностью по 45 МВт с водогрейными котлами-утилизаторами. На этом объекте институтом проведены подробные тепловые испытания ГТУ при различных температурах наружного воздуха, разработаны их энергетические характеристики и реализована компьютерная система расчёта нормативных показателей, позволяющая планировать работу и контролировать показатели ГТУ.

Аналогичные, но меньшие по объёму испытания с разработкой энергетических характеристик были проведены институтом для ТЭЦ с разными ГТУ мощностью 6 МВт в Иваново и Дорогобуже.

**ПКМ:** Благодарим вас за исчерпывающие ответы. Мы уверены, что читатели нашего журнала, занятые проблемами объектов теплоснабжения, найдут много нового и интересного в работах возглавляемого вами института.

Беседовал В. Котлер



В данный обзор включены зарубежные и российские компании – производители конденсатоотводчиков, представленных на российском рынке

## Конденсатоотводчики

**К**онденсатоотводчики находят применение везде, где используется пар. В нашей стране сегодня представлена широкая гамма этих устройств, в том числе продукция мировых лидеров в области оборудования для пароконденсатных систем.

### Зарубежные производители

Германский концерн **ARI-Armaturen** производит оборудование для перекрытия, регулировки и отвода жидких и газообразных сред, а также для обеспечения безопасности при работе с ними. Выпускаются биметаллические (ARI-Cona B), поплавковые (ARI-Cona S и ARI-Cona SC), термостатические (ARI-Cona M) и термодинамические (ARI-Cona TD) конденсатоотводчики. Пропускная способность – до 50 т/ч. Проходной диаметр – от 15 до 100 мм. Соединение – резьбовое, фланцевое или ниппелем под приварку. Температура рабочей среды – до 525 °С, давление – до 630 бар.

Также выпускаются клапаны и фильтры различного типа, электроприводы и пневмоприводы для регулирующих клапанов, поворотные затворы, регуляторы температуры прямого действия, коллекторы для систем пароснабжения и отвода конденсата, другое оборудование.

Генеральный партнер в России – компания «Магистраль-Арматурен», поставляющая на отечественный рынок более 80 % оборудования концерна. Предоставляется бесплатное



сервисное, гарантийное и постгарантийное обслуживание оборудования, оказывается помощь при проектировании, установке, эксплуатации, изоляции и автоматизации.

Чешская компания **Armature Group** производит оборудование для традиционной и ядерной энергетики, химической, нефтяной, металлургической, газовой и добывающей промышленности, а также водоснабжения. В России можно приобрести ее конденсатоотводчики D15 и D17 диаметром от 15 до 50 мм. Рабочее давление – от 16 до 40 бар, соединение – фланцевое.

Официальный представитель – АО «Арматуры груп» (Москва).

Компания **Armstrong International** (США) специализируется на разработке и производстве оборудования для паро-



конденсатных систем, а также систем, использующих сжатый воздух, транспортировки и распределения природного газа и нефтепродуктов, кондиционирования и искусственного холода. Выпускаются следующие типы конденсатоотводчиков: поплавковые (в том числе с опрокинутым поплавком и поплавково-термостатические), термостатические, биметаллические, термодинамические (со сменной капсулой). Приборы могут снабжаться соединением под приварку, резьбовым (диаметр от 1/2" до 2") или фланцевым. Максимальная рабочая температура пара – 565 °С, давление – до 241 бара. Максимальная пропускная способность – до 127 т/ч. Диаметр – от 3/8" до 80 мм.

Производственная программа также включает конденсатные насосы, сепараторы пара, регуляторы давления и температуры, разделители сред, распределительные гребенки для паровых спутников, теплообменное оборудование, водогрейные котлы и другое оборудование для водяных, паровых и газовых систем.

Представитель в нашей стране – ООО «Эфит-Фло» (Москва).

Шведская компания **Axelvalves** (входит в скандинавский промышленный концерн Indutrade) поставляет в Россию поплавокные, термодинамические и биметаллические термостатические конденсатоотводчики ALT-1. Они изготавливаются из углеродистой или нержавеющей стали. Соединение – фланцевое, резьбовое и под приварку. Рабочая температура пара на входе – до 550 °С (кратковременно – до 580 °С), давление – до 110 (430) бар. Пропускная способность – до 60 т/ч. Проходной диаметр – от 15 до 100 мм.

Официальный представитель в нашей стране – ООО «Флоу Текнолоджи» (Санкт-Петербург).

Конденсатоотводчики турецкой фирмы **Ayvaz** представлены в России пятью сериями: SK (поплавокные), TDK (термодинамические), ТК (биметаллические), ТКК и НК 23 (термостатические). Изготавливаются они из углеродистой или нержавеющей стали. Пропускная способность – до 350 т/ч. Рабочая температура – до 400 °С, давление – до 41 бар. Соединение – резьбовое, фланцевое или под сварку.

Генеральный дистрибьютор в России – ООО «Профресурс».

Германский завод **Gestra** (входит в корпорацию Flowserve) – один из крупнейших мировых разработчиков и производителей трубопроводной арматуры, оборудования и систем контроля для пароконденсатных систем. В производственной линейке представлены следующие конденсатоотводчики: термостатические с биметаллическим (BK, UBK) или мембранным регулятором (MK, SMK, TK), поплавокные с шаровым поплавком (UNA и UNA Special), термодинамические дисковые (DK), со ступенчатым плунжером (GK) или с радиально перфорированной ступенчатой втулкой (ZK), перекачивающие (UNA25PK). Пропускная способность – до 400 т/ч. Максимальное рабочее давление – 775 бар, температура – до 600 °С. Проходной диаметр – до 150 мм.

Также выпускаются специальные конденсатоотводчики: UBK с настраиваемой температурой отвода конденсата (используется для предотвращения образования пара вторичного вскипания); SMK – для SIP-стерилизации (стерилизация «на месте»); MK20 – для систем парового отопления низкого давления; ТК и GK – для отвода сверхбольших объемов конденсата при малых перепадах давления; UNA14P – для дренажа воздухопроводов и газопроводов.



ООО «ЭФИТ-ФЛО»  
Официальный представитель

Оборудование для пароснабжения,  
водоснабжения, газоснабжения  
промышленных предприятий

Тел.: (495) 971-87-28, 362-72-63  
mail@armstrong.inc.ru  
www.armstrong.inc.ru

Реклама



Производство гибких металлических шлангов,  
компенсаторов, конденсатоотводчиков,  
запорной арматуры



Генеральный Дилер ООО «Профресурс СП»  
Тел. - (495)995-17-28  
e-mail - extend61@mail.ru  
www.podvodka.ru



Вместе с конденсатоотводчиками поставляется контрольное оборудование: камеры с измерительными электродами для дистанционного контроля, портативные ультразвуковые тестеры, смотровые стекла. Кроме того, в ассортименте Gestra представлены клапаны различных типов, запорные вентили, межфланцевые сетчатые фильтры, станции сбора и возврата конденсата, деаэраторы, отделители пара вторичного вскипания и другое оборудование.

Представитель в нашей стране – ООО «АЛВАС Инжиниринг» (Москва).

Компания **Mankenberg** (Германия) выпускает универсальные



поплавковые конденсатоотводчики серий KA 2, KA 2X, KA 3, Axomat и Niagara. Изготавливаются из чугуна, низкоуглеродистой и нержавеющей стали, имеют фланцевое или резьбовое соединение. Производительность – до 127 т/ч. Максимальное давление – 40 бар, температура – до 400 °С. Диаметр – от 15 до 150 мм. Модель KA 3 может поставляться с электрополированной поверхностью (для стерильных помещений).

Эксклюзивный представитель в РФ – Компания АДЛ (Москва).

**Miyavaki** – одна из немногих японских компаний, специализирующихся в рассматриваемой области и работающих на российском рынке. В ее ассортименте представлены следующие типы конденсатоотводчиков: термостатические, управляемые по температуре (серия ТВ) и давлению (серия D); термодинамические дисковые (серия S); поплавковые с опрокинутым (серия E) и шаровым поплавком (серия G). Корпус изготавливается из серого и ковкого чугуна, а также из низкоуглеродистой и нержавеющей стали. Имеются модели со встроенным байпасом.



Пропускная способность – до 60 т/ч. Рабочая температура – до 550 °С, максимальное давление – 192 бар. Проходной диаметр – от 8 до 100 мм. Соединение – резьбовая муфта (Rc и NPT), муфта под сварку (JIS, ANSI, DIN), фланцевое (JIS, ANSI, DIN), быстросъемное санитарное (Tri-Clover).

Официальный партнером компании в России – ООО «ЭнергоЛидер» (Екатеринбург).

В числе продукции германской компании **Samson** – термодинамические конденсатоотводчики 13 E, изготавливаемые из ковкого чугуна и нержавеющей стали. Их пропускная способность – до 3 т/ч. Рабочее давление – 10 атм, температура – до 200 °С. Проходной диаметр – 10 мм. Имеют резьбовое соединение.

Также предлагаются эксгаустеры для удаления воздуха из паропроводов и отопительных установок. Представитель в России – ООО «Самсон Контролс».

Компания **Spirax Sarco** (Великобритания) – один из мировых лидеров по производству оборудования для пароконденсатных систем. Выпускаются конденсатоотводчики различных типов: поплавковые (в том числе с перевернутым поплавком), термодинамические и термостатические (биметаллические и капсульные).

Пропускная способность – до 140 т/ч. Проходной диаметр – от 8 до 150 мм. Максимальное рабочее давление – 422 бар, температура – 570 °С. Соединение – резьбовое, фланцевое, под сварку внахлест или встык, а также специальное быстросъемное (для систем высокой чистоты).



Также производственная программа включает механические и электрические конденсатные насосы, сепараторы для отделения пара вторичного вскипания, системы контроля работы конденсатоотводчиков, оборудование для систем регулирования, трубопроводная арматура, блочные установки (пароводяные теплопункты, редукционные станции, установки для перекачки конденсата).

Дочерняя компания в нашей стране – ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг». Имеются отделения в 18 городах России.

Ассортимент продукции, выпускаемой компанией **Valsteam ADCA Engineering** (Португалия), включает поплавковые (в том числе с опрокинутым поплавком), биметаллические, термостатические и термодинамические конденсатоотводчики. Они изготавливаются из низкоуглеродистой и нержавеющей стали, латуни и чугуна. (Также имеются поплавковые конденсатоотводчики для удаления паровых пробок.) Пропускная способность – до 45 т/ч. Рабочее давление – до 160 бар, температура – до 425 °С. Диаметр – от 10 до 100 мм.

Российский представитель – Компания АДЛ.

## Российские производители

Производственная программа Группы компаний «Комос» (Екатеринбург) включает конденсатоотводчики четырех типов: поплавковые горизонтальные («Комос-КПГ») и вертикальные («Комос-КПВ»), биметаллические горизонтальные («Комос-



КБГ») и вертикальные («Комос-КБВ»). Их пропускная способность – до 25 т/ч. Рабочее давление – до 40 бар, температура – до 300 °С. Проходной диаметр – от 15 до 100 мм. Соединение – фланцевое.

ООО «КМК «Корал» (Екатеринбург) выпускает поплавковые (РКП и регулируемые РКПМ-РН), термодинамические

(45с13нж, 45с13нж-ф – с фильтром – и 45нж13нж) и термостатические (РКД и РКДЛ) конденсатоотводчики производительностью до 284 т/ч. Их рабочее давление – до 40 бар. Проходной диаметр – от 15 до 50 мм.



Научно-исследовательская производственная фирма **MATEX** (Нижний Новгород) производит паросберегающие термодинамические конденсатоотводчики ПСК-1 и ПСК-2, отмеченные в прошлом году золотой наградой Международного конкурса технических инноваций «Эврика!», который прошел в рамках выставки Brussels Innova (Брюссель). В конструкции отсутствуют подвижные элементы. Предназначены для монтажа на выходном участке конденсатопровода.

Производительность – до 2 т/ч. Рабочее давление – до 22 бар, температура – до 170 °С. Проходной диаметр – до 150 мм.

ЗАО «**Редукционно-охладительные установки**» (Барнаул) специализируется на производстве и проектировании энергетической арматуры для ТЭС. В его ассортименте представлен поплавковый конденсатоотводчик 5с-1-2, изготавливаемый из углеродистой стали. Рабочее давление – до 100 бар, максимальная температура – 450 °С. Проходной диаметр – 25 мм. Соединение – фланцевое, муфтовое или под сварку.

В числе продукции, выпускаемой НПП «**Теплотехника**» (Иваново) – гидродинамические, лабиринтные и циклонные конденсатоотводчики «Гидрокон» собственной разработки. Их производительность – до 30 т/ч. Рабочее давление – до 40 бар. Проходной диаметр – от 15 до 100 мм. Может работать в любом положении: вертикальном, горизонтальном или под наклоном.

Широкое распространение в нашей стране получили поплавковые и термодинамические конденсатоотводчики, разработанные еще в СССР: 45с13нж, 45с12нж, 45нж15нж1 и т.д. Маркировка зависит от материала, из которого изготовлено устройство (ч – чугун, с – сталь, нж – нержавеющая сталь). Применяются фланцевые, муфтовые и штуцерные соединения, а также под сварку. Рабочей средой может служить пар, в том числе насыщенный и перегретый, конденсат, пароводяная смесь (некоторые модели предназначены для работы со сжатым воздухом). Рабочее давление – от 16 до 100 бар. Диаметр – от 15 до 50 мм.

В настоящее время такие конденсатоотводчики выпускаются рядом предприятий России и ближнего зарубежья. В их числе: Пензенский арматурный завод, Завод им. Гаджиева (Махачкала), Славгородский арматурный завод (Украина), Крелевецкий арматурный завод (Украина), Уральский арматурный завод (Казахстан).

Подготовил Д. Строганов

# Обезжелезивание парового конденсата

Я. Резник

*Конденсаты, которыми располагает котельная, могут быть загрязнены различными примесями. При оценке возможности использования конденсатов для питания котлов необходимо учитывать баланс загрязнений в конденсате и добавочной воде. При этом возможны случаи, когда конденсат, загрязненный больше, чем допускают нормы ГОСТа 20995-75 «Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 МПа. Показатели качества питательной воды и пара», другие нормативные документы или пределы, установленные изготовителями котлов, может быть использован без очистки после смешения его с добавочной водой.*

**К**онденсат водоподогревателей может загрязняться солями жесткости, соединениями железа и меди, кислородом, углекислотой, аммиаком и другими примесями.

Конденсат выпара деаэраторов загрязнен кислородом, углекислотой, аммиаком, соединениями железа.

Конденсат мазутоподогревателей может загрязняться мазутом при образовании неплотностей в конструкции.

Конденсат паровых машин, молотов, прессов, компрессоров загрязнен смазочными маслами и волокнами сальниковой набивки.

Конденсат производственный может содержать разные примеси, например, конденсат выпарных аппаратов сахарных заводов содержит сахар и другие органические вещества, коксохимических заводов – аммиак и различные продукты перегонки угля, мясокомбинатов – животные жиры, глиноземных заводов – соду кальцинированную, алюминат натрия, содовых заводов – хлориды и т.д.

В процессе сбора конденсата и его перекачивания в котельную конденсат насыщается кислородом, что приводит к увеличению содержания в нем соединений железа. К такому же результату приводит обогащение конденсата углекислотой в процессе разложения карбонатов в котле и уноса углекислоты с паром. Поэтому, наряду с мерами по очистке конденсата, необходимо предусматривать мероприятия, предотвращающие загрязнения последнего железом: закрытая система сбора конденсата,

устранение неплотностей системы, вентиляция паровых объемов бойлеров, амминирование и др.

Конденсат, содержащий 10–60 мг/л и более углекислоты, имеет пониженное значение водородного показателя (рН), равное 6,0–6,5, что может быть использовано для уменьшения значения рН добавочной воды, которое после натрий-катионирования и атмосферной термической деаэрации, а также известкования может стать больше нормы, допускаемой ГОСТом 20995-75 или другими нормативами.

Ниже рассмотрены методы очистки конденсата от наиболее часто встречающихся примесей: веществ, экстрагируемых эфиром (масла минеральные, мазуты и др.), соединений железа, солей жесткости, взвешенных веществ применительно к паровым котлам, качество которых регламентирует ГОСТ 20995-75.

## Обезжелезивание конденсата

Соединения железа в конденсате содержатся в виде взвесей, коллоидных частиц и в ионном виде. Обычно более 90 % соединений железа присутствуют в виде взвеси, состоящей из магнетита  $Fe_3O_4$ . СНиП II-35-76 предусматривает возможность приема конденсата для очистки в



котельной при содержании соединений железа (в пересчете на Fe) до 70 мг/л. ГОСТ 20995-75 допускает содержание железа в питательной воде (в пересчете на Fe) для котлов на твердом топливе с локальным тепловым потоком менее  $350 \text{ кВт/м}^2$  и для котлов на газе и жидком топливе при локальном тепловом потоке более  $350 \text{ кВт/м}^2$  соответственно при давлении 1,4 МПа – не нормируется и 0,3 мг/л, при давлении 2,35 МПа – 0,2 и 0,1 мг/л, при давлении 3,9 МПа – 0,1 и 0,05 мг/л. Для импортных котлов изготовители могут устанавливать другие значения.

Следует учитывать возможность допущения увеличенного содержания железа в конденсате по сравнению с его содержанием в питательной воде в зависимости от баланса конденсата и добавочной воды и от содержания железа в добавочной воде.

### Обезжелезивание конденсата отстаиванием

При содержании в конденсате соединений железа от 70 до 50 мг/л необходимо предусматривать отстаивание в отстойниках. Время отстаивания – не менее 3 ч, количество отстойников – не менее 2 шт. Для очистки от железа рационально использовать те же отстойники, что и для очистки от масел.

### Обезжелезивание конденсата фильтрованием

*Фильтрование в фильтрах с зернистой загрузкой.* При содержании железа в конденсате от 50 до 1 мг/л необходимо предусматривать фильтрование через зернистый материал. Могут быть использованы антрацит, кокс, пек, катиониты и т.д., однако с учетом стоимости материала, его зольности и эффективности очистки наиболее целесообразно применение каменноугольного и нефтяного кокса и пека.

Скорость фильтрования принимают равной 50 м/ч. При начальном загрязнении конденсата железом 50 мг/л конечное загрязнение принимают равным 1 мг/л, при загрязнении 1 мг/л конечное загрязнение – 0,1–0,3 мг/л.

Высота слоя фильтрующего материала 1,0–1,2 м, сопротивление слоя в конце фильтрования 0,1 МПа.

Регенерацию фильтрующего материала можно производить 1–2 раза в год 2–3 %-ной серной или соляной кислотой с последующей отмывкой от кислоты конденсатом или химически очищенной водой и затем конденсатом. В большинстве случаев экономичнее заменять отработавший материал свежим (особенно при использовании кокса или пека).

При длительной работе нужно предусматривать один раз в 10–15 суток взрыхление слоя конденсатом, интенсивность взрыхления 10–12 л/(с·м<sup>2</sup>), время 5–6 мин.

Применяемый иногда намыв слоя целлюлозы на слой зернистого материала не следует рекомендовать ввиду сложности и дороговизны процесса при сравнительно небольшой дополнительной эффективности.

*Фильтрование в фильтрах с намывной загрузкой.* При содержании железа

в конденсате до 1 мг/л можно применить для сорбции железа намывные фильтры, где фильтрующим материалом служит целлюлоза, уголь активный, диатомит, хлопковые отходы и др.

Толщина намывного слоя 5–10 мм, скорость фильтрования 10 м/ч, потеря напора в фильтре в начале фильтрования 0,03 МПа, в конце фильтрования – 0,3 МПа. Допустимая температура конденсата для целлюлозы 50–55 °С. При начальном загрязнении железом 1 мг/л конечное загрязнение 0,05–0,1 мг/л.

Регенерация фильтрующего слоя не производится, фильтрующий материал заменяется новым после достижения допустимой потери напора.

Предусматривать установку намывных фильтров следует только в редких случаях.

*Фильтрование в фильтрах с регенерируемым гранулированным катионитом.* При фильтровании конденсата через регенерируемый катионитный фильтр задерживается железо в ионной, коллоидной и взвешенной форме. Применять нужно термостойкий катионит типа КУ-2-8.

Высота слоя катионита в фильтре 0,8–2,5 м, скорость фильтрования до 50 м/ч. При начальном загрязнении 1 мг/л конечное загрязнение при высоте фильтрующего слоя 0,8 м – 50 % начального загрязнения, при высоте 2,0–2,5 м и скорости фильтрования 10–20 м/ч – 0,05–0,1 мг/л. Потеря напора при высоте слоя 0,8 м – до 0,1 МПа, при высоте 2,0–2,5 м – до 0,3 МПа.

Расход серной кислоты на регенерацию катионита марки КУ-2-8 – 3,5 г/м<sup>3</sup> конденсата.

Одновременно в этих фильтрах происходит умягчение конденсата. Следует, однако, учесть, что обменная емкость катионита по ионам жесткости небольшая, так как в первую очередь задерживаются ионы железа.

*Фильтрование в тканевых фильтрах.* При содержании железа в конденсате до 1 мг/л наиболее целесообразно применение тканевых фильтров, не требующих для своей регенерации реагентов. Для фильтрования используют разные ткани, наиболее эффективны техническая байка и бельтинг. При скорости фильтрования 1 м/ч грязеемкость байки ~250 г/м<sup>2</sup>, темпе-

ратура конденсата до 95 °С. При начальном загрязнении 0,5–1,0 мг/л конечное загрязнение 0,05–0,1 мг/л.

Потеря напора в начале фильтрования через байку 0,03 МПа, в конце фильтрования – 0,10–0,15 МПа.

Байка может использоваться, как правило, один раз, бельтинг – несколько раз после смыва с ткани задержанной взвеси.

Окислы железа (магнетит), содержащиеся в конденсате, обладают магнитными свойствами и могут быть задержаны электромагнитными фильтрами.

### Умягчение конденсата

Умягчение конденсата может быть произведено в обычных натрий- или водород-катионитных фильтрах или совместно с добавочной водой. Нужно учитывать, что умягчение можно совместить с обезжелезиванием, но при этом постоянно будет уменьшаться обменная емкость катионита, Поэтому СНИП II-35-76 устанавливает, что при умягчении содержание железа перед натрий-катионитным фильтром должно быть не больше 0,3 мг/л, а перед водород-катионитным фильтром – не более 0,5 мг/л. Зарубежные фирмы предусматривают еще более жесткие нормы.



# Обезмасливание парового конденсата

*В теплосиловом хозяйстве нефтепродукты, различные углеводороды, машинные масла, животные жиры и другие органические примеси, растворенные (эмульгированные) в воде или конденсате, объединяются общим наименованием «вещества, экстрагируемые эфиром». Это связано с методами анализа конденсатов, при которых все указанные примеси экстрагируются эфиром; растворитель, который избирательно растворял бы нефтепродукты, неизвестен. В последующем изложении все такие вещества условно объединяются под наименованием «масла».*

При выборе методов обезмасливания конденсата необходимо произвести анализ условий процессов загрязнения конденсата маслами. Масла в конденсате могут, как правило, присутствовать в двух видах: в дисперсном состоянии типа коллоидного (источник – паропотребители, загрязняющие маслом пар, который затем конденсируется, то есть паровые двигатели), и во взвешенном состоянии в виде капель и пленок (источник – теплообменники, где масло периодически – при возникновении неплотностей – попадает в образовавшийся из чистого пара конденсат). Выяснение степени дисперсности масел дает возможность выбрать наиболее эффективный метод очистки.

## Обезмасливание конденсата отстаиванием

Обычно концентрация масел в производственных конденсатах составляет не более 80–100 мг/л, концентрация мазута в конденсате – не более 50 мг/л. СНиП II-35-76 «Котельные установки» предусматривает необходимость очистки конденсата в котельной, если содержание масел в нем не превышает 20 мг/л.

При значениях загрязнений, превышающих указанное, должна быть рассмотрена возможность обработки конденсата совместно с исходной водой (например, в осветлителях), а также проанализирована технико-экономическая целесообразность очистки конденсата при больших загрязнениях. Как правило, при значениях загрязнений более 20 мг/л конденсат не должен приниматься в котельной.

При содержании в конденсате более 10 мг/л масла образуют с водой неустойчивую эмульсию, расслаивающуюся при отстаивании. Важную роль играют два обстоятельства: дисперсность масел – уменьшение размера частиц в 2 раза приводит к ухудшению эффективности очистки в 4 раза – и температура конденсата – очищаемый конденсат должен иметь возможно более высокую температуру, так как при повышении температуры уменьшается вязкость воды (конденсата), что облегчает всплывание и отстаивание масел, и уменьшается поверхностное натяжение, что облегчает слияние и укрупнение капелек масел.

Необходимо также учитывать возможное усложнение конструкции отстойника из-за того, что при изменении температуры характер изменения плотностей воды и нефтепродуктов неодинаков. В диапазоне температур 50–60 °С даже мазуты, которые при 20 °С тяжелее воды, имеют плотность на 2–3 кг/м<sup>3</sup> меньше плотности воды, то есть в некотором интервале температур требуется и верхний, и нижний отвод масел из отстойника.

Существующие конструкции отстойников очень разнообразны. Простейшие



из них, которые следует использовать в котельных, обеспечивают очистку конденсата от масел от 20 до 8–15 мг/л – при продолжительности отстаивания не менее 3 ч.

Принципиальными особенностями всех отстойников должны быть:

- подведение конденсата под уровень жидкости в отстойнике;

- исключение или уменьшение содержания кислорода в конденсате. Конденсат не должен содержать кислород более 0,1 мг/л, так как наличие его, кроме коррозии трубопроводов и оборудования и загрязнения конденсата железом, вызывает окисление масел на поверхности и в порах фильтрующего материала осветлительных и сорбционных фильтров, что, в свою очередь, затрудняет удаление отфильтрованного масла из фильтрующего материала. Мероприятия по уменьшению содержания кислорода: подвод пара в

отстойник (создание паровой «подушки»), закрытые баки-отстойники (с воздушником), устройство поплавка – деревянного или пластмассового – на поверхности конденсата;

- отвод конденсата из нижней части отстойника через карман с перегородкой для поддержания постоянного уровня в отстойнике;

- возможность регулирования высоты отвода масел из отстойника;

- устройство эффективного отвода масел с поверхности конденсата;

- устройство пробоотборников на разных уровнях отстойника.

При очистке конденсата, содержащего нефтепродукты с плотностью более  $1 \text{ г/см}^3$ , или замазученного конденсата при температуре менее  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  требуется устройство нижнего отвода масел.

В отдельных случаях, когда обоснованно требуется уменьшить продолжительность отстаивания или когда отсутствует последующая стадия фильтрования, допустимо применение способов и устройств, интенсифицирующих процесс отстаивания.

Одним из таких мероприятий может быть введение флотоагента (воздуха) в отстойник, однако при этом ухудшается последующая очистка конденсата.

Другим мероприятием является устройство в отстойниках перегородок, в том числе пакета перегородок.

Возможно также применение коагулянтов (например, сернокислого алюминия – доза  $75\text{--}120 \text{ мг/л}$ ) и флокулянтов.

При больших загрязнениях и больших расходах конденсата, когда отказ от приема конденсата связан с большими экономическими потерями, допустимо применение в котельных флотаторов.

Должна быть предусмотрена установка не менее двух отстойников, каждый из которых рассчитан на номинальный расход конденсата в течение трех часов. Работа баков организуется таким образом, что один бак наполняется, а в другом баке конденсат отстаивается.

### Обезмасливание конденсата фильтрованием

При определении необходимости фильтрования конденсата, выборе фильтрующего материала и числа ступеней фильтрования нужно учитывать количество

конденсата в общем количестве питательной воды и нормы содержания масел в питательной воде по ГОСТу 20995-75 (не более): для котлов давлением 1,4 и 2,35 МПа –  $3 \text{ мг/л}$ , 3,9 МПа –  $0,5 \text{ мг/л}$ . Во многих случаях – для котлов давлением 1,4 и 2,35 МПа и при малой доле конденсата – оказывается возможным ограничиться отстаиванием или отстаиванием и одной ступенью фильтрования.

**Фильтрование через гранулированный активный уголь.** При разработке проектов следует критически отнестись к традиционным рекомендациям всегда использовать активный уголь в качестве сорбента при обезмасливание конденсата. Активный уголь – пористый материал, состоящий главным образом из углерода и имеющий очень большую внутреннюю поверхность – от  $500$  до  $1500 \text{ м}^2/\text{г}$ , причем основная часть пор образована порами с эффективным радиусом не более  $4 \text{ нм}$ . Подавляющая часть капель масел в конденсате – больших размеров. Следовательно, значительная внутренняя поверхность угля не используется должным образом.

Скорость фильтрования конденсата через слой активного угля следует принимать равной  $5 \text{ м/ч}$ . При такой скорости и при начальном замазливании  $5 \text{ мг/л}$  содержание масел после фильтра равно  $0,5\text{--}2,0 \text{ мг/л}$ . Емкость угля при температуре конденсата  $90\text{--}100 \text{ }^\circ\text{C}$  –  $25\text{--}35 \%$  массы угля, при температуре  $50\text{--}60 \text{ }^\circ\text{C}$  –  $15\text{--}25 \%$ .

Активный уголь обладает зольностью  $5\text{--}15 \%$  (в зависимости от марки), в том числе  $20\text{--}35 \%$  составляют водорастворимые соли жесткости; из-за вымывания солей жесткости в течение первых трех месяцев эксплуатации жесткость конденсата может увеличиться на  $0,05\text{--}0,5 \text{ ммоль/л}$  и более. Наименьшей зольностью обладают березовые угли.

Способы борьбы с зольностью угля сложны: промывка угля  $5 \%$ -ным раство-

ром серной кислоты или неингибированной соляной кислоты в течение  $8\text{--}10 \text{ ч}$  и затем отмывка конденсатом от остатков кислоты или установка дополнительных катионитных фильтров. Возможно также фильтрование конденсата совместно с добавочной водой через катионитные фильтры водоподготовительной установки – если конденсат предварительно был очищен от масел и железа согласно нормам.

Высокая стоимость активного угля определила необходимость его регенерации, однако все разработанные методы сложны и дороги. Первый из двух наиболее



распространенных методов заключается в следующем: фильтр, подлежащий регенерации, освобождают от конденсата, в течение  $2\text{--}3 \text{ ч}$  уголь пропаривают паром давлением  $0,5\text{--}0,6 \text{ МПа}$ , после чего фильтр заполняют  $5\text{--}6 \%$ -ным раствором тринатрийфосфата с температурой не менее  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  и выдерживают в этом растворе уголь в течение  $12\text{--}15 \text{ ч}$ , поддерживая температуру, близкую к кипению, подачей пара. Затем сорбент снова пропаривают, и фильтр отмывают горячим конденсатом. Второй метод – пропуск пара давлением  $0,1\text{--}0,2 \text{ МПа}$  через слой угля в направлении фильтрования в течение  $3 \text{ ч}$ . Паром могут быть удалены масла, если температура пара на  $30\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$  больше температуры кипения масел.

Указанные методы регенерации не обеспечивают полного восстановления адсорбционных свойств активного угля.

При определении возможности регенерации или утилизации активного

угля необходимо проведение технико-экономического сопоставления вариантов. При большой маслосемкости угля и незначительном замасливании обычно оказывается экономичнее сжигать адсорбент после того, как его сорбирующая способность исчерпана.

*Фильтрация через гранулированный кокс и пек.* В сорбционных фильтрах во многих случаях рациональнее использовать вместо активного угля угольный и нефтяной кокс и пек. Активный уголь становится конкурентным по сравнению с коксом и пеком только в случаях использования конденсата в больших количествах для котлов давлением 3,9 МПа и тогда, когда масла содержатся в конденсате в коллоидном состоянии после конденсации пара паровых машин. Во всех остальных случаях применение кокса и пека экономичнее.

При содержании в конденсате масел в концентрации 10–15 мг/л кокс и пек могут использоваться в качестве загрузочного материала в осветлительных фильтрах, устанавливаемых после отстойников и до сорбционных фильтров.

Скорость фильтрования конденсата через слой кокса следует принимать равной 5 м/ч. При такой скорости и начальном замасливании перед осветлительным фильтрованием 10–15 мг/л или перед сорбционным фильтрованием 5 мг/л содержание масел в конденсате после осветлительного фильтрования равно 4–5 мг/л, после сорбционного фильтрования – 0,5–2,0 мг/л. Маслосемкость кокса и пека близка маслосемкости активного угля, в частности, маслосемкость электродного пекового кокса равна маслосемкости активного угля марки АГ-3.

Важным преимуществом кокса и особенно электродного пекового кокса является их малозольность. К примеру, зольность каменноугольного кокса равна 2,5 %, нефтяного кокса – 0,5 %, электродного пекового кокса – 0,2 %.

Способы регенерации кокса и пека могут быть применены те же, что и для активного угля, но более экономично – замена отработанного материала свежим.

Для интенсификации поглощения масел можно применить покрытие гранул кокса и пека хлопьями гидрата окиси алюминия, что даст возможность обеспечить остаточное содержание масел после



осветлительного фильтра 1–2 мг/л. Однако во многих случаях оказывается достаточной та степень очистки конденсата, которая обеспечивается коксом и пеком без регенерации. Кроме того, экономичнее (если требуется высокая степень очистки) установить дополнительно сорбционный фильтр, чем предусматривать установку приготовления гидрата окиси алюминия с реагентным хозяйством.

*Фильтрация через гранулированный антрацит.* Антрацит может быть применен в качестве фильтрующего материала в осветлительных фильтрах. Зольность антрацита близка к зольности активного угля. Маслосемкость антрацита вдвое меньше маслосемкости активного угля или электродного пекового кокса. Содержание масел после фильтрования 4–5 мг/л – при начальном содержании 10–15 мг/л.

Иногда для увеличения маслосемкости фильтра применяют намыв или укладку слоя целлюлозы или ваты дополнительно к слою гранулированного (зернистого) материала. Однако такое мероприятие предусматривать не следует, так как при сравнительно небольшом увеличении маслосемкости затраты на его осуществление и эксплуатацию слишком велики.

*Фильтрация в намывных фильтрах.* В качестве сорбционных фильтров могут быть использованы намывные фильтры,

где фильтрующим материалом служат целлюлоза, уголь активный молотый, диатомит, хлопковые отходы, некоторые другие материалы.

Толщина намывного слоя 2–5 мм; скорость фильтрования 2–5 м/ч; потери пара в конце фильтрования 0,2–0,3 МПа; содержание масел до фильтра 10–15 мг/л, после фильтра – 0,05–0,1 мг/л; допустимая температура конденсата 50–55 °С.

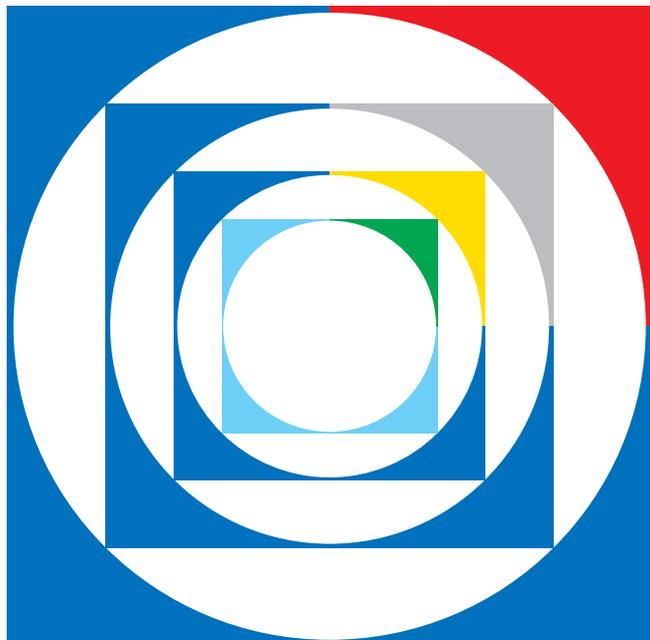
Предусматривать установку намывных фильтров следует только в исключительных случаях, так как сложность их эксплуатации и регенерации слишком велика, тем более, что для котлов давлением до 3,9 МПа не требуется такая высокая степень очистки, которая достигается с помощью этих фильтров.

Если допустимо увеличение содержания конденсата, то целесообразно к конденсату подмешивать добавочную воду, чтобы содержание конденсата составило 20–30 мг/л. При таком содержании обезмасливание конденсата в сорбционных фильтрах идет значительно эффективнее, потому что сорбент и частички масла приобретают ощутимые разноименные электроряды, что и способствует более глубокой очистке.

При температурах 80–95 °С в катионитных фильтрах происходит обескислороживание конденсата – до 0,05–0,10 мг/л, в связи с чем после катионитных фильтров конденсат необходимо изолировать от контакта с атмосферой.

*Фильтрующее оборудование.* На рынке конструкций фильтров – десятки. Но для них общими являются технологические показатели: высота слоя гранулированного активного угля – 2,0–2,5 м; сопротивление слоя при фильтровании 0,05 МПа. Для предотвращения слеживания активного угля при длительной работе следует предусматривать один раз в 10–15 суток взрыхление слоя горячим обезмасленным конденсатом, интенсивность взрыхления 3–4 л/(с·м<sup>2</sup>), время – 5–10 мин.

Высота фильтрующего слоя гранулированного кокса или пека, антрацита 1,0–1,2 м; сопротивление слоя в конце фильтрования 0,1 МПа. Один раз в 10–15 суток требуется взрыхление слоя горячим конденсатом, интенсивность взрыхления – 10–12 л/(с·м<sup>2</sup>), время – 5–6 мин.



# SHK moscow 2011

15-я международная специализированная выставка и конференция

**отопление**

---

**вентиляция и кондиционирование**

---

**энергоэффективность**

---

**возобновляемые источники энергии**

---

**водоснабжение**

---

## 18–21 Апреля

Москва/Россия  
ЦВК «Экспоцентр»

[www.shk.ru](http://www.shk.ru)  
[www.shk-online.com](http://www.shk-online.com)

При поддержке:

**ehi**  
European Heating Industry

**BDH**  
Federal Industrial Association of Germany  
House Energy and Environmental Technology



Официальный журнал выставки:

Специализированный журнал № 101  
**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Генеральные информационные спонсоры:

**АВЕНТИЛЯЦИЯ**  
ГОТОВЛЕНИЕ  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

**САИТЕХНИКА**



НП «АВОК»



Messe  
Düsseldorf  
Moscow



Messe  
Düsseldorf

# Химические методы борьбы с коррозией конденсатопроводов

М. Иванов, к. т. н.

*Везде, где используется пар, требуется отвод конденсата. Важная задача в таких системах – предотвращение коррозии конденсатопроводов, по которым конденсат возвращается в котельную. В этой статье рассматриваются химические методы решения данной задачи.*

**Н**егативные последствия коррозии очевидны. Она разрушает материал трубы, вплоть до нарушения герметичности. Образование шероховатостей на внутренней поверхности приводит к возрастанию гидравлических потерь. Продукты коррозии загрязняют конденсат, а также образуют отложения в застойных зонах трубопроводов.

Основные причины коррозии конденсатопроводов – это содержание в конденсате растворенного кислорода, присутствие в нем уголекислоты и других примесей, стимулирующих коррозионное разрушение.

Различают два основных вида коррозии: общую и локальную (язвенную). Причина общей коррозии – воздействие растворенной уголекислоты; протекает она равномерно по всей поверхности конденсатопровода. Но особенно опасна локальная коррозия, возникающая из-за растворенного в конденсате кислорода и способная привести к образованию сквозных свищей. Этот вид коррозии часто возникает в условиях отсутствия движения конденсата по трубопроводу под слоем отложений.

Допустимое содержание растворенного кислорода в перекачиваемом конденсате составляет 0,1 мг/л. Однако на практике этот порог часто превышает по причине недостаточной деаэрации, нарушения герметичности систем транспортировки пара и конденсата. Кроме того, кислород может попадать в конденсат при прямом контакте с воздухом в открытом конденсатном баке.

Растворенная уголекислота понижает pH конденсата до значений менее 7. Одновременное присутствие в конденсате растворенного кислорода и уголекислоты способствует резко выраженной язвенной коррозии при скоплении продуктов коррозии на поверхности корродируемого металла.

Помимо этого внутренняя коррозия трубопроводов может быть вызвана воздействием примесей других металлов, в первую очередь соединений меди. Их наличие обусловлено коррозией деталей из меди и медных сплавов, которые в значительном количестве присутствуют в пароконденсатном тракте. Так, обогащение воды соединениями меди происходит из-за присутствия в конденсате кислорода и свободного аммиака. Увеличение растворимости гидратированной окиси меди происходит за счет образования медноаммиачных комплексов, например,  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2$ . Продукты коррозии медных сплавов образуют отложения в трубах, способствуют дальнейшей коррозии.

Химические методы достаточно эффективно используются для борьбы с коррозией. Так, для нейтрализации уголекислоты применяется обработка питательной воды газообразным аммиаком или солями аммония, например, сульфатом аммония. При этом содержание аммиака в водяном паре в системе пароконденсатного тракта допускается в пределах 2–4 мг/кг. Недостатки этого метода – увеличение солесодержания конденсата (если вводится сульфат аммония) и необходимость повышенных мер безопасно-



сти (при использовании газообразного аммиака – из-за его токсичности).

Для удаления из воды растворенного кислорода применяют гидразин в виде гидразин гидрата и гидразин сульфата. Водные растворы гидразина обладают основными свойствами, но его основность значительно меньше, чем у аммиака. По устойчивости гидразин уступает аммиаку, так как связь N-N менее прочная. Гидразин гидрат токсичен, а гидразин сульфат увеличивает солесодержание питательной воды.

Другая группа химических методов основана на применении ингибиторов коррозии конденсатопроводов на основе нейтрализующих и пленкообразующих аминов. Препараты на основе смеси нейтрализующих аминов предназначены для связывания в паре газообразной двуокиси углерода и нейтрализации растворенной уголекислоты в конденсате, то есть для коррекции значения pH жидкой фазы. Основные требования для таких реагентов: они не должны увеличивать

солеосодержание конденсата и вызывать коррозию медных сплавов. Доза нейтрализующего амина зависит от содержания углекислоты в паре, значения pH конденсата и используемой модификации реагента. Контроль дозирования этого реагента осуществляют по значению pH, которое создается в конденсате.

В качестве примера приведем реагенты марки «Аминат» серии ПК, выпускаемые ООО «НПФ Траверс» (Москва). Они представляют собой композицию из нескольких аминов, что позволяет получить реагент с лучшими нейтрализующими свойствами. Эффективная доза варьируется в пределах от 5 до 80 мг/л и зависит от щелочности питательной воды, степени ее деаэрации и рабочих параметров котла. Контроль дозирования осуществляется по значению pH конденсата.

Еще один пример препарата на основе смеси нейтрализующих аминов – HydroChem HT-710, выпускаемый ООО «Аквилон» (Москва). По утверждению производителя, он является отечественным аналогом препарата Tri-Act 2813 фирмы Nalco (США), отличаясь от него количественным составом компонентов.

Ингибитор коррозии конденсатопроводов JurbySoft 32 выпускается международной компанией Jurby WaterTech International на основе нейтрализующих аминов. По информации производителя он не увеличивает солеосодержание воды, не формирует дополнительный шлам в котле и не вызывает коррозию меди и сплавов на ее основе.

Ряд препаратов для защиты конденсатопроводов от коррозии, разработанных на основе нейтрализующих и пленкообразующих аминов, выпускает НПФ «Химтехпроект» (Череповец, Московская область). Эти препараты также обеспечивают коррекцию pH пара и конденсата. Кроме того, для различных условий работы – рабочих параметров оборудования, протяженности пароконденсатных линий, концентрации углекислоты в паре и др. – предлагаются различные модификации.

Реагенты АСТ-4 и ВТ-13, поставляемые Группой компаний «Национальный водный ресурс» (Химки, Московская область), также предназначены для предотвращения коррозии конденсатопроводов. Дополнительно компанией выпускается препарат ВТ-28, содержащий нейтра-



лизующие амины, способные поглощать растворенный в конденсате кислород.

Еще одна группа химических препаратов, применяемых в качестве ингибиторов коррозии конденсатопроводов, – пленкообразующие амины. По принципу действия эти реагенты схожи с полифосфатными кислотами, применяемыми для фосфатирования оборудования. За счет адсорбции на внутренней поверхности трубопроводов пленкообразующие амины формируют мономолекулярный слой, в состав которого входят также соединения, присутствующие в конденсате. В результате создается защитная пленка – не смываемый водой слой поверхностных соединений, защищающий металл от воздействия на него не только двуокиси углерода и кислорода, но и других агрессивных веществ.

Представители этой группы веществ – октадециламин и подобные ему соединения. При концентрации этих веществ в паре, равной 2–3 мг/кг, можно снизить содержание окислов железа в производственном конденсате в 10–15 раз. Необходимо отметить, что количество вводимой эмульсии в систему трубопровода с помощью насоса-дозатора определяется площадью защищаемой поверхности и не зависит от концентрации в конденсате угольной кислоты.

Основной недостаток описанного метода – не всегда полное покрытие конденсатопровода. В этом случае

ситуация может ухудшиться по причине возникновения электрохимической коррозии. Поэтому применяется октадециламин осторожно, в первую очередь, на конденсатопроводах малой протяженности.

Сегодня на рынке предлагаются препараты, являющиеся комбинацией как нейтрализующих, так и пленкообразующих аминов одновременно. Один из примеров – реагент Helamin, выпускаемый компанией Faborga (Швейцария). Его нельзя применять совместно с фосфатированием и гидразинированием.

В заключение отметим, что борьба с коррозией в пароконденсатопроводах не исчерпывается химическими методами, это комплекс мероприятий. Одно из них – вентиляция теплообменных аппаратов через открытый штуцер с отдувкой свободной углекислоты.

Существенного снижения скорости коррозионного процесса можно добиться изменением рабочего давления и температуры. Так, высокая (95–100 °С) температура возвращаемого конденсата способствует снижению содержания в нем растворенного кислорода. Работа конденсатного бака под давлением приводит к увеличению потерь конденсата, но при этом также удаляются кислород и уголекислый газ.

В случае применения открытого бака контакт с воздухом может быть ограничен при помощи специальной жидкости. На практике в этих целях иногда используются подручные средства, например, слой шариков для настольного тенниса.

К экзотическим способам можно отнести применение труб конденсатопровода с внутренним покрытием из полипропилена.





Под минерализованными (солесодержащими) сточными водами в статье подразумеваются сточные воды натрий-катионитных фильтров и продувочные воды паровых котлов.

## О сточных минерализованных водах котельных

Я. Резник

**С**брос минерализованных (солесодержащих) сточных вод котельных в природные водоемы и водотоки, также в системы канализации регулируется многими федеральными, ведомственными, региональными и муниципальными нормативными документами. Наличие разнообразных нормативов, подчас противоречащих друг другу, дискредитирует самое понятие нормы.

Кроме того, нормы составлены таким образом, что их выполнение принципиально – в большинстве случаев – невозможно. И нормы эти – исключая особые редкие объекты – никогда не выполнялись.

Вопросы очистки сточных вод, проблемы функционирования котельных, связанные с предотвращением загрязнения окружающей среды, – проблемы, в основ-

ном, экономические. Технологии способов очистки сточных вод разработаны достаточно полно, обеспечены соответствующим оборудованием и реагентами.

Однако экономические показатели (прежде всего, капитальные затраты и себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенных сточных вод) настолько неутешительны, что к настоящему времени в стране известны лишь единицы построенных и работающих станций очистки минерализованных сточных вод. Причем, конечно, речь идет о подлинных очистных сооружениях, а не о производствах, легкомысленно называемых «бессточными».

Бессточных (в общем случае – безотходных) станций (установок) водоподготовки никогда не удастся создать. Умозрительно можно представить технологическую схему, в которой сточные

воды одного производства могут служить в качестве исходной воды другого производства. Но дальше этих многолетних разговоров (как правило, в стенах учебных заведений) дело не идет.

Сточные воды водоподготовительных установок (ВПУ) и паровых котлов (продувочные воды) можно условно разделить на пресные и засоленные.

Пресные воды образуются при продувках осветлителей и промывках осветлительных фильтров. Сброс таких сточных вод без очистки непосредственно в водоемы или водотоки недопустим вследствие большой щелочности (рН до 11,5) и загрязненности взвешенными примесями (в пределах 200–30000 мг/л).

Очистка пресных вод осуществляется на многих ВПУ и здесь не рассматривается.

Засоленные сточные воды представляют собою: сточные воды натрий-(водород)-(аммоний)-катионитных фильтров и гидроксид-(хлор)-(карбонат)-анионитных фильтров. В статье проблемы минерализованных сточных вод рассматриваются на примере сточных вод натрий-катионитных фильтров.

При умягчении или деминерализации природной воды ионами принципиально неизбежным будет затрата регенерантов в количестве, большем стехиометрического значения. Это обусловлено двумя причинами.

Во-первых, в ряду «сродства» ионов и катионитов кальция и магния стоят впереди натрия, то есть для того, чтобы можно было регенерировать натрий-катионит, загруженный ионами жесткости, требуется эквивалентно больше ионов натрия. По этому условному показателю ион кальция «сильнее» иона натрия в 4,2 раза, а ион водорода «сильнее» иона натрия в 17 раз и иона кальция – в 4 раза.

Во-вторых, можно было бы достигнуть стехиометрического значения расхода регенеранта при водород-катионировании и почти стехиометрического значения при натрий-катионировании, если пренебречь тем соображением, что время регенерации должно находиться в разумных пределах. Из-за этого, несмотря на «силу» иона водорода, вынуждены при регенерации применять избыточное количество кислоты. И тем более – учитывая «слабость» иона натрия – требуется избыточное количество регенеранта – натрий хлорида.

Засоленные сточные воды ВПУ с натрий-катионитными фильтрами представляют собою обычно 0,5–2%-ные растворы хлоридов кальция, магния, натрия. Есть и другие соли, содержащиеся в исходной воде фильтров. Образуются сточные воды при регенерации натрий-катионитных фильтров натрий хлоридом и последующей отмывке фильтров от остатков регенеранта.

Сброс таких сточных вод в природные водные объекты регламентирован разными нормативами, некоторые указаны в статье «Перечень нормативных документов, регулирующих правила и нормы качества и количества сточных вод» (далее – «Перечень...»), опубликованной в предыдущем номере журнала. Чаще других встречаются нормативы:

сброс запрещен, если минерализация сбрасываемых вод больше  $1 \text{ г/м}^3$ , содержание хлоридов ( $\text{Cl}^{-}$ ) больше  $350 \text{ мг/л}$ , натрия ( $\text{Na}^{+}$ ) – больше 200 (в некоторых правилах – 120)  $\text{мг/л}$ .

В сточных водах, как указывалось выше, минерализация составляет 5–20  $\text{г/л}$ .

Наличие большого количества солей в сточных водах натрий-катионитных фильтров – органический недостаток технологии.

По указанным выше причинам, а также вследствие применения малоэф-

**Сточные воды – воды, сброс которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с загрязненной территории (Водный кодекс РФ, ст. 1, п.19).**

фективного прямоочного фильтрования расчетный объем сточных вод, например, натрий-катионитного фильтра диаметром 3400 мм, больше необходимого для регенерации объема раствора натрий хлорида в 3,5 раза, то есть для регенерации нужно  $27,3 \text{ м}^3$  5 %-ного раствора натрий хлорида, а в сточных водах оказываются  $4,6 \text{ м}^3$  5 %-ного и  $91 \text{ м}^3$  1,5 %-ного раствора натрий хлорида.

СНиП II-35-76 «Котельные установки» указывает, что количество продувочных вод паровых котлов давлением до 1,4 МПа, как правило, не должно превышать 10 % паропроизводительности котла, а при наличии технико-экономического обоснования допускается и большее значение продувки.

Если исходная вода в ВПУ подвергнута натрий-катионированию, то в составе продувочной воды присутствуют едкий натр, натрий карбонат, сульфат и хлорид. Общая минерализация продувочной воды устанавливается котлостроительными предприятиями в зависимости от требований к качеству пара ГОСТа 20995-75 или зарубежных фирм. Для российских серийных котлов давлением до 1,4 МПа эта величина равна 3000–4500  $\text{мг/л}$ .

Водородный показатель (рН) продувочных вод достигает 12–13 единиц.

В соответствии с существующими правилами сброс продувочных вод в природные водоемы и водотоки также недопустим.

Отсутствие сооружений полного обезвреживания сточных вод ВПУ и одновременное требование очищать их – это следствие неверных (не обоснованных научно) расчетов стоимости водных ресурсов и оценки ущерба от сброса сточных вод в природные водные объекты.

Расчеты, произведенные автором в составе Типового проекта «Сооружения по обезвреживанию соледержащих сточных вод котельных», показали, что применение для минерализованных сточных вод ВПУ таких радикальных методов обезвреживания, как дистилляция, содо-известкование с электродиализом или обратным осмосом, экономически оправдать невозможно.

В последние годы появились предложения применить мембранные методы (обратный осмос, нанофильтрация) для выделения из сточных вод натрий хлорида. Однако только меньшую часть натрий хлорида, содержащегося в сточных водах, можно выделить. Большая часть вынужденно останется в сточных водах и уйдет с «продувкой» мембранного аппарата. Такой метод экономически совершенно неэффективен – перечень нормативов качества сточных вод и размеров платы за сброс сточных вод приведен в «Перечне...».

Ущерб от сброса неочищенных сточных вод пренебрежимо мал. Ущерб рассчитывался по упомянутой в «Перечне...» «Временной типовой методике...» ЦЭМИ АН СССР. С тех пор не возникла другая общепризнанная и столь же строго методологически обоснованная методика, включая перечисленные в «Перечне...».

Ущерб от сброса неочищенных сточных вод натрий-катионитных фильтров так мал, что сравним с «ущербом» от сброса в природный водоем его собственной воды: вода из водоема без обработки и без использования отправляется обратно в водоем. Такой «ущерб» был подсчи-

тан по упомянутой Методике и показал очень малую, но все-таки значимую величину (одновременно это свидетельствует о достаточной «строгости» Методики).

Во время дискуссии на «Круглом столе» в Торгово-промышленной палате 25 ноября 2008 г. было сказано, что предприятие, даже сбрасывая в водный объект воду питьевого качества, согласно существующей системе нормирования может быть признано злостным нарушителем.

Качественно иллюстрировать это положение можно так. Если бы минерализованные сточные воды всех отдельных котельных и котельных цехов ТЭЦ и ГРЭС России и стран СНГ можно было сбрасывать только в р. Волгу, то общая минерализация воды р. Волги увеличилась бы всего на несколько миллиграммов в одном литре!

Как было упомянуто выше, несмотря на многие нормативные документы, почти везде минерализованные сточные воды ВПУ не очищаются до регламентированных норм. Но эти нормы должны побуждать технологов к всемерному уменьшению количества сточных вод и солей в них. Следовательно, нужно максимально оптимизировать ионообмен: добиваться расходов реагентов и воды на собственные нужды ионитов (отмывка от остатков регенеранта после регенерации) – как можно более близких к теоретически возможным.

Целесообразно предусматривать технологические и конструктивные усовершенствования ВПУ, не требующие ощутимых затрат, но одновременно позволяющие уменьшить объем сточных вод и количество солей в сточных водах.

К таким мероприятиям могут быть отнесены:

- применение ионитов большой обменной емкости;
- повторное использование регенеранта, то есть применение для предварительной регенерации катионита части сточных вод от предыдущей регенерации;
- использование части сточных вод для взрыхления слоя катионита;
- регенерация катионита раствором регенеранта нарастающей концентрации;
- подогрев обрабатываемой исходной воды и регенерационного раствора

до температуры, которую допускает термостойкость фильтров и катионитов;

- магнитная обработка исходной воды и регенерационного раствора;
- смешение продувочной воды паровых котлов и сточных вод натрий-катионитных фильтров с удалением из смеси части образовавшихся кальций карбоната и магний гидроксида;

• использование продувочной воды паровых котлов для растворения натрий хлорида, при этом разбавление раствора до 5–10 %-ной концентрации должно производиться умягченной водой, а концентрация сульфатов (по  $\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$ ) в насыщенном растворе реагента не должна быть больше 100 ммоль/л, щелочность по фенолфталеину – не более 3–5 ммоль/л;

- применение, где есть соответствующие условия, морской воды или подземных рассолов для регенерации фильтров.

Большая часть перечисленных мероприятий особенно актуальна для прямооточных фильтров.

Но радикальное уменьшение количества сточных вод и содержания в сточных водах хлоридов можно обеспечить применением противоточного ионирования. При проектировании новых котельных следует предусматривать только противоточные фильтры. В большинстве существующих котельных, где пока работают прямооточные фильтры, необходимо проводить реконструкцию фильтров и схемы фильтрования, что позволит применять противоточную технологию. Применение противоточной технологии ионирования позволяет уменьшить (по сравнению с прямооточной технологией) не менее чем в два раза количество избытка регенеранта, количество воды на собственные нужды и, следовательно, количество сточных вод и количество солей в них.

Необходимо также исключить залповые сбросы сточных вод: сточные воды, собираемые в специальные емкости, отправлять в канализацию равномерно в течение суток.

Уменьшению количества продувочной воды барабанных паровых котлов способствует реконструкция паросепарационных устройств и применение пеногасителей в барабанах котлов.



### Выводы.

1. Нормирование и регулирование воздействия сточных вод (в частности сточных вод котельных) на водные объекты варьируется от полного запрета сброса сточных вод без очистки (Водный кодекс РФ) до разрешения сбрасывать при определенных условиях и даже без очистки – с условием оплаты рассчитанного ущерба и установленного лимита или без него (Закон о защите окружающей среды РФ и многочисленные подзаконные акты, инструкции и т.д.).

Еще более варианты требования, предъявляемые региональными и муниципальными органами исполнительной власти к сбросу сточных вод в канализационные сети. Канализационные сети – не водные объекты, и потому требования к сточным водам, сбрасываемым в водные объекты, неправомерно предъявлять к сточным водам, поступающим в канализацию. Такие требования могут быть предъявлены к сточным водам, направляемым из сетей в водные объекты.

2. Минерализованные сточные воды котельных (от натрий-катионитных фильтров и продувочные воды паровых котлов) должны быть отнесены к неопасным веществам – 5-й класс опасности. Поэтому требования «очищать» такие сточные воды – не обоснованы. Подобные проекты должны подвергаться тщательной правовой, технологической и экономической (!) экспертизе.

# О безопасности газоиспользующего оборудования

С 1 января 2011 г. вступит в силу технический регламент о безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе. В нем приведены требования безопасности и энергетической эффективности газоиспользующего оборудования, указаны правила его сертификации. Также сформулированы требования к маркировке, упаковке и эксплуатационной документации, регламентированы формы государственного надзора.

При разработке техрегламента ставилась цель снизить степень риска работы оборудования, защитить окружающую среду, повысить энергоэффективность установок, а также исключить мошенничество поставщиков. Область действия документа охватывает оборудование для отопления и ГВС, включая блочные автоматические горелки (газовые и газомазутные), водогрейные котлы, устройства управления и безопасности, светлые и темные инфракрасные обогреватели, генераторы теплого воздуха, емкостные нагреватели и другое.

Положения документа не распространяются на паровые котлы и парогенераторы с давлением пара более 0,07 МПа и водогрейные котлы с температурой воды более 115 °С, а также на оборудование, предназначенное для использования в технологических процессах на промышленных предприятиях. Из рассмотрения исключено еще и оборудование, использующее газ в качестве моторного топлива.

Согласно регламенту, пожарная безопасность обеспечивается соответствием горелочного устройства, газового тракта и газоиспользующего оборудования предъявляемым требованиям. Среди них – исключение возможности взрыва от внешнего источника зажигания, безопасность во всех режимах работы, превышение максимально допустимой утечки газа (устанавливается изготовителем), вентиляция камеры сгорания (естественной тягой или принудительно).

Отмечается, что газоиспользующее оборудование, предназначенное для применения во внутренних пространствах и помещениях, должно обладать устройством, предотвращающим скапливание

несгоревшего газа. Данное условие снимается для помещений с уровнем вентиляции, позволяющим избегать такого скопления.

Требования экологической и химической безопасности также носят общий характер: обеспечение устойчивости пламени, не превышение в дымовых газах предельных концентраций оксидов углерода и азота, исключение случайных выбросов продуктов сгорания и т.д.

Механическая безопасность газоиспользующего оборудования обеспечивается исключением неустойчивых положений, деформаций, поломок или износа, способных снизить безопасность в течение срока службы. Все детали, находящиеся под давлением, должны выдерживать механические и температурные эксплуатационные нагрузки, чтобы избежать деформаций, влияющих на безопасность оборудования. Материалы, применяемые при изготовлении оборудования, должны быть устойчивыми к механическим, тепловым и химическим воздействиям, которым они будут подвергаться.

Относительно термической безопасности указано, что нагрев внешних поверхностей (за исключением выполняющих функцию теплопередачи) и устройств ручного управления не должен приводить к ожогу. Аналогичным образом: в системах ГВС ожог горячей водой должен быть исключен конструктивно.

От оборудования требуется устойчивость к колебаниям напряжения и перебоям в электроснабжении. Также должна обеспечиваться защита от поражения электрическим током.

Безопасность оборудования должна обеспечиваться даже при выходе из строя устройств управ-

ления, регулирования и безопасности. Последние должны иметь обозначения и соответствующие указания, предотвращающие ошибочные действия со стороны пользователя, а также быть защищены от несанкционированного доступа.

Подробно расписаны требования к маркировке. Наряду с информацией о происхождении и основными техническими характеристиками обязательны предупредительные надписи: об опасности взрыва, пожара, отравления угарным газом, ожога, поражения электрическим током и др.

В комплект поставки должны входить: арматура для монтажа и встраиваемые устройства, а также инструкция по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту, руководство по эксплуатации на русском языке. Приведены требования к упаковке.

Государственный надзор за соблюдением требований техрегламента осуществляют Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.





## СРО: об изменениях в законодательстве

О. Литвинов, Л. Подзорова

*Основные документы, регламентирующие деятельность саморегулируемых организаций (СРО), – это федеральные законы №№ 315 «О саморегулируемых организациях» (принят 1 декабря 2007 г.) и 148 «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Однако жизнь вносит свои коррективы: к началу 2010 года участникам строительного рынка и законодателям стало ясно, что принятые законы нуждаются в поправках.*

Весной 2010 г. руководством Национального объединения строителей (НОСТРОЙ) было отмечено, что саморегулирование в России состоялось. К этому времени большинство предприятий российского строительного комплекса объединились в СРО. После активного становления наступил следующий этап развития – совершенствование законодательной базы саморегулирования и решение практических вопросов, связанных с выполнением работ по выданным допускам. Со временем выявились проблемы, неучтенные при разработке законодательной базы и требовавшие скорейшего разрешения. Законодательные органы постарались исправить создавшееся положение, выпустив в свет несколько новых постановлений и законов, касающихся саморегулирования.

Так, 3 февраля 2010 г. было принято правительственное постановление № 48

«О минимально необходимых требованиях к выдаче саморегулируемыми организациями свидетельств о допуске к работам на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах капитального строительства, оказывающих влияние на безопасность указанных объектов».

Затем, в апреле, был опубликован приказ Министерства регионального развития № 624, принятый еще 30 декабря 2009 г. Этим приказом значительно сократился перечень видов работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту, для проведения которых требуется допуск. Кроме того, многие виды работ были объединены в систематизированные группы.

И далее, в начале августа, вышел в свет и вступил в силу федеральный закон № 240 «О внесении изменений в Градостроительный кодекс и отдельные законодательные акты РФ». Остановимся на этих документах подробнее.

Начнем с того, что они оказывают существенное влияние на работу предприятий. Например, утвержденные приказом № 624 сокращение и укрупнение видов работ, а также объединение их в группы, облегчили предприятиям получение допуска к выполнению работ. Определились области производства работ. Руководителям предприятий стало понятно, какого профиля и квалификации необходимы специалисты для проведения этих работ. Ориентируясь на новые требования, предприятия, получившие свидетельства о допуске до 30 июня 2010 г., произведут замену свидетельств, действие которых прекратится 01.01.11 г.

Предприятиям, не выполняющим работы из нового перечня, но приступившим к работам из перечня, утвержденному приказом Минрегионразвития № 274, дается право выйти из состава СРО и вернуть средства, уплаченные ими в компенсационный фонд.

Однако изменения в законодательстве не проясняют для специалистов отдельные существенные детали. Например, остается непонятым, почему некоторые виды работ, оказывающие влияние на безопасность объектов капитального строительства, потребовали допуска только при выполнении их на особо опасных объектах.

Позитивное изменение произошло в конкретизации видов работ по организации строительства. Теперь заказчик может с большей уверенностью осуществлять выбор генерального подрядчика соответствующего профиля. Это должно привести к постепенному извлечению строительного рынка от «универсальных» генподрядчиков, готовых, например, одинаково легко взяться за возведение металлургических предприятий, тепловых электростанций, объектов нефтегазового комплекса или гидроэнергетики.

Изменены требования и к качественному и количественному составу персонала генподрядчика. Теперь допуск на работы по организации строительства может получить лишь то предприятие, руководитель которого имеет высшее образование и стаж работы не менее семи лет. При этом предприятие должно насчитывать в штате не менее пяти работников с высшим образованием, имеющих стаж работы от пяти лет.

Большое беспокойство в строительной отрасли вызывает постановление № 48, которое задает высокие требования к кадровому составу предприятий, работающих на особо опасных объектах. Такие требования были легко выполнимы, когда работы на подобных объектах проводились большими организациями, объединяющими в одном юридическом лице предприятия различного профиля. Однако сегодня такого рода тресты практически прекратили существование. По разным причинам в промышленном и строительном секторах произошло дробление: большие предприятия разделились на несколько юридических лиц и объединились в холдинги.

Но по действующему законодательству допуск на выполнение работ получает предприятие, а не холдинг. А это значит, что предприятию, много лет выполняющему какой-либо вид работ на особо опасном объекте, например, ТЭЦ, теперь требуется в несколько раз увеличить количество

персонала – дополнительно набрать руководителей, специалистов, рабочих. При этом характер и объем работ останутся прежними. И возникает вопрос: а сможет ли такое предприятие «прокормиться» и остаться конкурентоспособным?

В этой ситуации предприятия, проводящие строительные работы на особо опасных объектах, либо приостановили свою деятельность, либо вынуждены осуществлять ее вне закона. В поисках выхода из создавшегося положения три национальных объединения – изыскателей, проектировщиков и строителей – написали письмо в Министерство регионального развития с просьбой пересмотреть постановление № 48. Представители объединений разработали и письменно изложили требования, приемлемые, с их точки зрения, для оценки соответствия предприятий, которые заняты на строительстве особо опасных объектов. (Отметим, что предложенные требования выше обычных, но ниже заявленных постановлением № 48.) Ожидается, что в октябре текущего года документ пройдет все необходимые согласования и строительное сообщество получит новый вариант постановления.

Наука и технологии развиваются, меняются приемы выполнения некоторых видов работ, вносятся коррективы в законодательную базу. Для того чтобы знания работников соответствовали постоянно меняющейся ситуации, было введено требование по повышению квалификации. Согласно закону № 240, один раз в пять лет каждый инженерно-технический работник должен повышать квалификацию в соответствии со своим профильным образованием с последующим прохождением аттестации. Это требование для некоторых СРО не явилось неожиданным. Например, предприятия, входящие в СРО НП «Котлогазмонтажсервис» большую часть работ на опасных объектах выполняют с помощью аттестованного персонала. При выдаче допусков внимание на аттестацию персонала обращается в первую очередь.

Специалисты считают, что эффективная работа закона может проявиться только при отсутствии формального отношения к повышению квалификации и аттестации. Тогда знания, полученные в процессе учебы, будут актуализированы и востребованы на практике. В связи

с этим требованием закона многие СРО приняли участие в подборе образовательных курсов, соответствующих профильной направленности своих членов.

Сегодня перед некоторой частью строительного сообщества встал другой вопрос – что такое аттестация? Однозначной трактовки пока нет. Не разъясняется суть явления и в законе. Для некоторых строительных СРО аттестация остается непонятным нововведением. Отдельные СРО (например, СРО НП «Котлогазмонтажсервис») придерживаются системы аттестации руководителей и специалистов, сложившейся в Ростехнадзоре.

Изменение в законодательстве предусматривает меры по усилению ответственности генерального подрядчика. В Градостроительный кодекс введено понятие «лицо, осуществляющее строительство». Человек, обладающий этими полномочиями, организует и координирует работы по строительству, обеспечивает соблюдение требований проектной документации, технических регламентов, техники безопасности и несет ответственность за качество выполненных работ. Теперь заказчик (или застройщик), затаевающий строительство на принадлежащем ему земельном участке, может привлечь для работ другое физическое или юридическое лицо, имеющее допуск к организации работ в нужной области строительства, или самостоятельно стать таковым лицом. В последнем случае заказчик должен вступить в СРО и получить допуск, подтвердив свое соответствие требованиям, необходимым для выполнения заявляемых видов работ.

Также для усиления ответственности организаторов строительства было введено требование дополнительного страхования путем взноса денежных средств в компенсационный фонд – или взноса части суммы в фонд и страхования оставшейся части в страховой компании. Появилось разделение уровней предельной стоимости генподрядного договора без ограничения числа заключаемых договоров в течение года. Законом предусмотрено шесть таких уровней: до 10 млн, до 60 млн, до 500 млн, до 1 млрд, до 3 млрд, до 10 млрд, свыше 10 млрд рублей. Взносы в компенсационный фонд составят 1 млн, 1,5 млн, 3 млн, 6 млн, 9 млн, 30 млн рублей соответственно.

# Конденсатоотводчики в Интернете

В предлагаемый обзор вошли ссылки на русскоязычные сайты производителей и поставщиков конденсатоотводчиков для пароконденсатных систем.

## [www.adl.ru](http://www.adl.ru)

Компания АДЛ (Москва) – это производитель и поставщик инженерного оборудования для различных отраслей промышленности. В числе предлагаемого оборудования – конденсатоотводчики ADCA (Португалия) и Mankenberg (Германия).

## [www.ari-armaturen.com](http://www.ari-armaturen.com)



Официальный сайт компании ARI Armaturen (Германия). Выпускаемый ассортимент включает биметаллические, мембранные, поплавковые и термодинамические конденсатоотводчики марки CONA в различных исполнениях. Официальный представитель ARI Armaturen в нашей стране – компания «Магистраль-Арматурен» ([www.magistral-armaturen.ru](http://www.magistral-armaturen.ru)). Сертифицированные дилеры – ООО «Арнас» ([www.arnas.ru](http://www.arnas.ru)), Группа компаний «Селект» ([www.select-pro.ru](http://www.select-pro.ru)), ООО «ТехноИнжПромСтрой» ([tehnoing.ru](http://tehnoing.ru)).

## [www.armalink.ru](http://www.armalink.ru)

ООО «Армалинк» (Пенза) – официальный дистрибьютор компании Spirax Sarco (Великобритания), специализирующейся на производстве оборудования для пароконденсатных систем.

## [www.armstrong.inc.ru](http://www.armstrong.inc.ru)

Сайт российского представительства корпорации Armstrong International (США), в числе продукции которой – конденсатоотводчики: с опрокинутым поплавком, поплавково-термостатические, термостатические, биметаллические и термодинамические.

## [www.axel-valves.ru](http://www.axel-valves.ru)

ООО «Флоу Текнолоджи» (Санкт-Петербург) – официальное представительство шведской компании Axelvalves, выпускающей термодинамические, поплавковые и термостатические биметаллические конденсатоотводчики марки ALT.

## [www.comsy.ru](http://www.comsy.ru)

Среди предложений компании «Комси-Технолоджи» (Москва) – конденсатоотводчики Ari Armaturen (Германия). Имеются филиалы в Краснодаре, Нижнем Новгороде и Санкт-Петербурге.

## [www.gestra-eng.ru](http://www.gestra-eng.ru)



Сайт ООО «АЛВАС Инжиниринг» (Москва) – официального дистрибьютора завода Gestra (Германия), специализирующегося на выпуске оборудования для пароконденсатных систем. Ассортимент продукции включает термостатические (с биметаллическим и мембранным регуляторами), поплавковые, термодинамические, а также специальные конденсатоотводчики.

## [www.global-industry.ru](http://www.global-industry.ru)

В ассортиментном перечне компании Global Industry (Санкт-Петербург) – биметаллические, мембранные, поплавковые и термодинамические конденсатоотводчики фирмы Ari Armaturen (США).

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

Холдинг «Группа Комос» (Екатеринбург) объединяет научно-внедренческие, производственные и торговые предприятия. Предлагаются поплавковые и биметаллические конденсатоотводчики «Комос».

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

Товарный каталог ЗАО «Иримэкс» (Москва) включает конденсатоотводчики ADCA (Португалия), Ari Armaturen (Германия), Gestra (Германия).

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

Одно из направлений деятельности Уральской энергосберегающей компании «Корал» (Екатеринбург) – производство поплавковых, термодинамических и термостатических конденсатоотводчиков марки «Корал».

[www.magistral-armaturen.ru](http://www.magistral-armaturen.ru)



Сайт компании «Магистраль-Арматурен» – официального российского представителя Ari Armaturen (Германия). Имеются филиалы в Екатеринбурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Самаре, Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону.

[www.mankenberg.de](http://www.mankenberg.de)

Международный (с поддержкой русского языка) сайт германской компании Mankenberg – производителя поплавковых конденсатоотводчиков марки Niagara. Представитель в России – Компания АДЛ ([www.adl.ru](http://www.adl.ru)).

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

Компания «Немен» (Москва) – официальный представитель ряда европейских машиностроительных заводов. В каталоге реализуемой продукции – конденсатоотводчики марки Zamkop (Польша) – поплавковые, в том числе с опрокинутым поплавком, и термодинамические.

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

Международный (с поддержкой русского языка) сайт компании Spirax Sarco (Великобритания), специализирующейся на выпуске оборудования для паровых систем. Среди предлагаемых конденсатоотводчиков – термостатические, термодинамические, биметаллические, поплавковые, типа «перевернутый стакан». Дочерняя компания в России – ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг». Приведены контакты в Санкт-Петербурге (центральный офис), Москве, Самаре и Челябинске.

[www.ngs-penza.ru](http://www.ngs-penza.ru)



Ассортимент продукции, предлагаемой ООО «НефтеГазСервис» (Пенза), включает конденсатоотводчики марки «Корал».

[www.opeks-es.ru](http://www.opeks-es.ru)

Научно-производственное предприятие «ОПЭКС Энергосистемы» (Белгород) – официальный представитель японской компании TLV, в числе продукции которой – термодинамические и механические конденсатоотводчики.

[www.premium-armatura.ru](http://www.premium-armatura.ru)

Торговая программа компании «Премиум» (Санкт-Петербург) включает конденсатоотводчики Ari Armaturen и Gestra (Германия).

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

ООО «Самсон Контролс» – дочернее предприятие компании Samson (Германия), в числе продукции которой – термодинамические конденсатоотводчики. На сайте приведены многочисленные региональные контакты в России.

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

Среди предлагаемой ООО «Ставропольтеплоэнерго» (Ставрополь) продукции – конденсатоотводчики Spirax Sarco (Великобритания).

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

Ассортимент, предлагаемый Группой компаний «Тяж-ПромКомплект» (Москва), включает конденсатоотводчики марки «Корал».

[www.vto-promtech.ru](http://www.vto-promtech.ru)



ООО «ВТО «Промышленные технологии» (Москва) – официальный представитель в России японской фирмы Miyawaki, производственная программа которой включает конденсатоотводчики термостатические, термодинамические, поплавковые и типа «перевернутый стакан»

*Подготовила Л. Подзорова*

# О выборе конденсатоотводчика

А. Василевский

*Не существует одного универсального типа конденсатоотводчиков, как говорится, на все случаи жизни. Для подбора оптимальной модели важно изучить все индивидуальные особенности конкретного участка трубопровода или типа теплообменного оборудования.*

**М**ожно сформулировать два базовых требования, которым должен соответствовать любой конденсатоотводчик: а) отвод требуемого количества конденсата без потерь острого пара и б) автоматический отвод воздуха (автоматическое вентилирование) во всех режимах работы.

Существует также большое количество дополнительных требований, которые определяются спецификой той или иной области применения конденсатоотводчика. Среди них можно выделить следующие:

- а) отвод конденсата без подтопления теплообменной поверхности; или же, наоборот,
- б) целенаправленное подтопление паропотребляющего оборудования конденсатом;
- в) широкий диапазон рабочих давлений;
- г) способность отводить конденсат как при низких, так и при высоких противодавлениях;
- д) широкий диапазон расходов, при которых конденсатоотводчик может работать эффективно;
- е) быстрая адаптация к изменяющимся рабочим условиям (колебание давления, расхода);



ж) способность работать в системах с регулированием «по пару» и т.д.

Конденсатоотводчик может соответствовать как одному, так и нескольким требованиям одновременно.

С точки зрения удобства эксплуатации важно, чтобы конденсатоотводчик был прост в монтаже, требовал минимального технического обслуживания, был устойчив к гидроударам, замерзанию и коррозии, не был подвержен загрязнению и имел большой срок службы. Желательно также, чтобы на предприятии использовалось как можно меньше различных типов конденсатоотводчиков (стремление к унификации по типоразмерам).

При оценке производственных затрат необходимо принимать во внимание тот факт, что затраты на приобретение качественного и надежного конденсатоотводчика в сравнительно короткое время полностью окупаются (срок окупаемости в зависимости от рабочих параметров может варьироваться от 1 до 40 дней).

На рис.1 приведены рекомендации фирмы GESTRA (Германия) по подбору конденсатоотводчиков для различных областей применения.

## Важные критерии выбора

Простой и быстрый монтаж устройства значительно снижает эксплуатационные издержки. Легкий отводчик, который можно устанавливать в любом положении, позволит сэкономить на издержках, связанных с конструктивными изменениями трубопроводов или сооружением опорных кронштейнов для больших и тяжелых конденсатоотводчиков. Помимо этого, большие неизолированные конденсатоотводчики характеризуются высокими теплотерями. Плохо вентилируемому и не полностью дренируемому



му теплообменнику требуется больше времени для прогрева – это может приводить к увеличению производственных издержек ввиду более продолжительного процесса нагрева или даже испортить продукт по причине неравномерного нагрева (рис. 2).

Определенные типы конденсатоотводчиков постоянно пропускают некоторое количество острого пара в процессе нормальной работы. Зачастую уже через несколько месяцев после начала эксплуатации потери острого пара могут превысить стоимость самого конденсатоотводчика. Эта проблема характерна в первую очередь для термодинамических дисковых конденсатоотводчиков и связана с особенностями их конструкции и принципом действия. Также небольшой пролет острого пара в процессе нормальной работы допускают поплавковые конденсатоотводчики с перевернутым стаканом.

Иногда желательно задерживать конденсат в теплообменнике, чтобы использовать теплоту конденсата. Применением подходящего для этой цели конденсатоотводчика можно добиться значительной экономии энергии (переохлаждение конденсата). Замерзание конденсатоотвод-

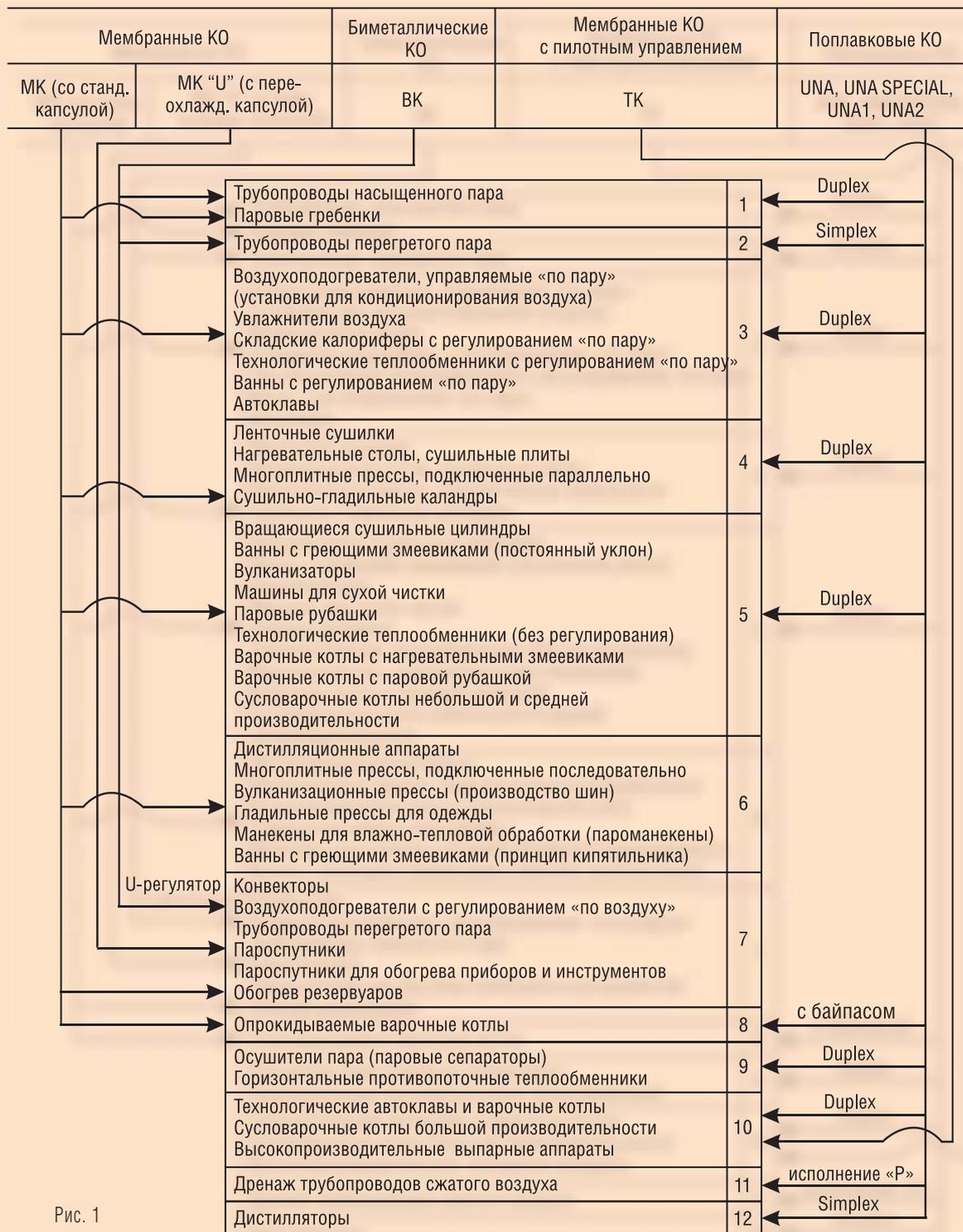


Рис. 1

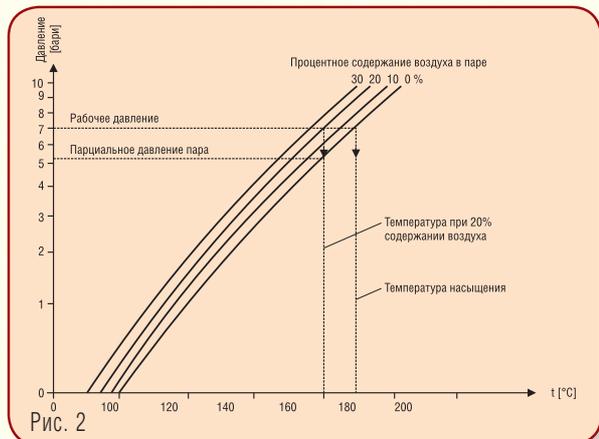
чика или части конденсатопровода может серьезнейшим образом сказаться на технологическом процессе.

В долгосрочной перспективе эксплуатация дешевого, неремонтпригодного конденсатоотводчика потребует больших затрат времени и денег, чем более

дорогого, но который можно отремонтировать.

Использование на предприятии всего лишь нескольких типов конденсатоотводчиков с широким диапазоном применения неизбежно приведет к снижению эксплуатационных издержек:

более простая организация хранения складских запасов и более быстрые ремонт и техническое обслуживание, которые осуществляются механиками, хорошо знакомыми с особенностями эксплуатации данных типов конденсатоотводчиков.



### Стоимость пролетного пара

Проиллюстрируем важность правильного подбора конденсатоотводчиков и их исправной работы. Как это ни парадоксально на первый взгляд, но наибольший «вклад» в суммарные потери острого пара на любом крупном производстве вносят самые маленькие конденсатоотводчики номинальным размером (Ду) 15–25 мм. Дело в том, что устройства больших размеров (Ду 50–150 мм) практически не допускают пролета острого пара – большой объем проходящего через них конденсата создает естественный гидрозатвор. Поэтому при расчетах общих потерь острого пара большие конденсатоотводчики обычно не учитываются.

Небольшие устройства термостатического или термодинамического типа применяются в основном на пароспутниках и на дренажах паропроводов. Их общее количество на большом нефтехимическом заводе составляет от 1000 до 5000 штук в зависимости от масштаба производства.

По оценкам компании GESTRA среднее количество пролетного пара через один

неисправный конденсатоотводчик с Ду 15–25 мм принимается равным 5–10 кг/ч (0,005–0,01 т/ч). Это усредненные значения. На практике потери могут быть значительно больше и зависят в первую очередь от перепада давления на конденсатоотводчике и фактического расхода конденсата. Средние потери острого пара через исправно работающие термодинамические дисковые конденсатоотводчики с Ду 15–25 мм (независимо от производителя) составляют примерно 1,5–2,5 кг/ч. Эти данные получены экспериментальным путем в лаборатории компании. Приняв число рабочих дней в году за 333, получим  $N_{год} = 8000$  рабочих часов.

Оценить годовой ущерб, связанный с потерей острого пара можно с помощью несложной формулы:

$$L = K_{неиспр.} \cdot M \cdot N_{год} \cdot S,$$

где  $L$  – сумма потерь, руб./год;

$K_{неиспр.}$  – количество неисправных конденсатоотводчиков, шт.,

$M$  – потери пара на одном конденсатоотводчике, т/ч;

$N_{год}$  – количество рабочих часов в году, ч/год;

$S$  – стоимость тонны пара, руб./т.

Стоимость тонны пара принимаем равной 400 руб./т.

Полученные указанным методом результаты для выборочных значений числа неисправных конденсатоотводчиков в диапазоне от 50 до 2000 шт. приведены в таблице.

Понятно, что если на предприятии вообще не установлены конденсатоотводчики, то потери острого пара будут больше в несколько раз.

Выводы очевидны. Во-первых, по возможности необходимо использовать такие конденсатоотводчики, которые не допускают пролета острого пара и обеспечивают хороший отвод воздуха – как при запусках, так и в процессе работы. Это термостатические конденсатоотвод-

**Таблица. Оценочный расчет потерь, связанных с пролетом острого пара через неисправные конденсатоотводчики**

Количество неисправных конденсатоотводчиков, шт.	Потери пара, т в год	Годовой убыток, млн руб.
50	2000–4000	0,8–1,6
75	3000–6000	1,2–2,4
100	4000–8000	1,6–3,2
200	8000–16000	3,2–6,4
500	20000–40000	8–16
1000	40000–80000	16–32
2000	80000–160000	32–64

чики различных типов и поплавковые с шаровым поплавком. Во-вторых, нужно регулярно проводить обследования конденсатоотводчиков, чтобы своевременно выявлять неисправности и предотвращать пролеты острого пара.

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

# ООО «АЛВАС Инжиниринг»

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

**Мы предлагаем следующие услуги:**

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

**Поставляемое оборудование:**

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

# Конденсатоотводчики Miyawaki для паровых систем

*Пар имеет много преимуществ перед другими теплоносителями. Среди них – значительная скорость доставки тепла от источника к потребителю, возможность нагрева до больших температур, высокий коэффициент теплоотдачи и постоянная температура по всей поверхности теплообмена.*

**Д**остоинства пара как теплоносителя привели к широкому распространению паровых систем в различных отраслях промышленности. Однако многие предприятия, использующие пар, сталкиваются с проблемами пролетного пара и гидроударами в трубопроводах, что значительно увеличивает финансовые издержки на выработку пара и содержание паровых систем. Основные причины этого связаны с отсутствием, неисправностью или неверным подбором конденсатоотводчиков – устройств, осуществляющих автоматизированный отвод конденсата после паропотребляющего оборудования.

Непосредственное предназначение конденсатоотводчика заключается в предотвращении потерь тепла с пролетным паром, отведении всего образующегося конденсата, воздуха и CO<sub>2</sub>. Применение конденсатоотводчиков позволяет снизить давление и температуру в конденсатопроводах, исключить гидроудары, значительно уменьшить износ трубопроводов и оборудования за счет замедления процессов эрозии и повысить качество регулирования технологических процессов.

Мировой опыт эксплуатации пароконденсатных систем позволяет утверждать, что установка конденсатоотводчиков сокращает потребление пара в среднем на 30 %. Окупаемость правильно подобранных устройств составляет в среднем от 1 недели до 1 года. Например, в одном из цехов ОАО «Уральский завод РТИ» (Екатеринбург) вместо ранее установленных термодинамических конденсатоотводчиков 45ч12нж отечественного производства на секциях плит вулканизационных прессов были смонтированы капсульные конденсатоотводчики DF1-21H фирмы Miyawaki (Япония). По показаниям общецехового прибора учета зафиксировано снижение потребления пара на 40 %. Срок окупаемости нового оборудования составил четыре месяца.

Столь высокая эффективность конденсатоотводчиков Miyawaki достигается за счет:

- полного исключения производственных потерь с пролетным паром;
- использования части скрытой теплоты парообразования;
- увеличения КПД теплообменного оборудования.

Обширный парк разнообразного паропотребляющего оборудования требует большой номенклатуры конденсатоотводчиков, что в свою очередь требует наличия квалифицированного персонала для их подбора. Так, теплообменник, работающий в условиях неравномерной тепловой нагрузки, оптимально оснастить поплавковым отводчиком с шаровым поплавком. В то же время, для пароспутника технической воды лучшим вариантом будет установка термостатических конденсатоотводчиков, управляемых по температуре. Это позволяет отводить конденсат со строго заданной температурой (например, 80 °С), что приводит к дополнительной экономии пара при переохлаждении конденсата. Подобное оборудование может экономить до 50 % потребляемого пара.

При выборе конденсатоотводчиков предпочтение следует отдавать фирмам, имеющим богатый опыт производства,



разработки и внедрения энергосберегающего оборудования. Можно смело утверждать, что таковой является компания ООО «ЭнергоЛидер» с головным офисом в Екатеринбурге. Одно из приоритетных направлений деятельности ООО «ЭнергоЛидер» – разработка и реализация технических решений по энергосбережению. Компания является официальным представителем в России японской фирмы Miyawaki – ведущего производителя конденсатоотводчиков с более чем 70-летним опытом исследований и разработок в области пароконденсатных систем. ООО «ЭнергоЛидер» совместно с фирмой Miyawaki предлагают комплексную техническую поддержку и помощь при выборе и оснащении вашего предприятия конденсатоотводчиками, регуляторами и другой паровой арматурой.

Компания ООО «ЭнергоЛидер» предлагает такие услуги как: инженеринговое сопровождение сделки, проведение обследования пароконденсатной системы предприятия при помощи специализированной аппаратуры и составление рекомендаций по повышению эффективности использования пара с расчетом технико-экономического обоснования внедрения конденсатоотводчиков.

ООО «ЭнергоЛидер»  
Тел.: +3 (343) 269-08-78  
Факс: +3 (343) 310-37-16  
[www.en-lider.ru](http://www.en-lider.ru)





В статье «Малогабаритные энергонапряженные паровые котлы СКБК» (ПКМ № 1(2) 2010) были описаны основные принципы построения схем высоконапорных малогабаритных энергонапряженных паровых котлов Специального конструкторского бюро котлостроения (Санкт-Петербург).

## О теплотехнических испытаниях высоконапорных паровых котлов СКБК

В. Пильдиш, к. т. н., А. Колесниченко, А. Алексеев, к. т. н., В. Кукин, В. Фельгендлер

Котельные и мини-ТЭЦ с этими котлами вводились на промышленных предприятиях в кратчайшие сроки, что дало возможность обеспечить расширяемое производство этих предприятий технологическим паром и электроэнергией.

Малогабаритные энергонапряженные котлы КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ, используемые в котельных и мини-ТЭЦ, по способу организации рабочего процесса в газовом тракте – высоконапорные. Сжигание топлива и теплопередача осуществляются при избыточном давлении воздуха до 300...400 кПа, напряжение топочного пространства достигает 13 МВт/м<sup>3</sup>. Характеристики котлов приведены в таблице 1.

Воздух нагнетается в котел компрессором, приводимым во вращение газовой турбиной, включенной в газовый тракт котла после экономайзера и рабо-

тающей на дымовых газах. Компрессор и газовая турбина скомпонованы в единый наддувочный агрегат. За счет применения паровых (КУП2500) или водогрейных (КУВ 8) утилизаторов был достигнут коэффициент полезного действия 94 %.

Характеристики КУП2500 приведены в таблице 2.

Предусмотрена возможность работы котлов на жидком (дизельное топливо, мазуты марки 40, 100 и др.) и газообразном видах топлива, включая технологи-

Таблица 1. Характеристики котлов КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ

Параметр	КВГЗГМ	КВГ2М-ГМ
Паропроизводительность, т/ч, не менее	75	95
Давление перегретого пара, МПа	3,9	3,5
Температура перегретого пара, °С	440 ± 10	300 ± 10
Температура питательной воды перед котлом, °С	104	104
Расход газообразного топлива при $Q_n^c = 33500$ кДж/м <sup>3</sup> , м <sup>3</sup> /ч, не более	7670	8800
Расход мазута при $Q_n^p = 39800$ кДж/кг, кг/ч, не более	6480	7350
Расход дизельного топлива при $Q_n^p = 41870$ кДж/кг, кг/ч, не более	6100	6980
Температура газов за котлом за ТНА, °С	350	360
КПД котла, %	83,7	82
КПД котельного комплекса с котлом-утилизатором, %	94	94

**Таблица 2. Характеристики парового котла-утилизатора КУП2500**

Параметр	с котлом КВГЗГМ	с котлом КВГ2М-ГМ
Паропроизводительность котла-утилизатора, т/ч, не менее	8,8	10
Давление перегретого пара котла-утилизатора, МПа	0,5–1,6	0,5–1,6
Температура перегретого пара котла-утилизатора, °С	275	275
Температура газов за котлом за ТНА, °С	170	170

ческие углеводородные отходы предприятий. Это делает внедрение таких котлов особенно актуальным в экологическом аспекте при использовании на химических производствах.

Все котельные комплексы вместе с котлами КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ, а также котлами-утилизаторами КУП 2500 проходили пусконаладочные и приемочные испытания.

Результаты этих испытаний на одной из котельных с котлами КВГ2М-ГМ и КУП 2500 полностью подтверждают спецификационные характеристики этих котлов. Аналогичные испытания проводились также с тандемом котлов КВГЗГМ и КУП2500.

На рис. 1 и 2 показаны графики основных параметров котла КВГ2М-ГМ, полученных в результате испытаний, – паропроиз-

водительности, КПД, температуры и давления пара на рабочих нагрузках – при работе котла на газе и дизельном топливе.

Котлы КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ имеют хорошие динамические характеристики: набор нагрузки с 10 до 100 % и сброс со 100 до 10 % осуществляется за 60 и 30с соответственно. При этом параметры котла не отклоняются за предельные показатели. На рис. 3 показана динамика набора нагрузки котла КВГ2М-ГМ, отображаемая на мониторе оператора.

Маневренные свойства таких высоконапорных котлов особенно актуальны для создания пиковых энерго мощностей и при использовании в технологических процессах, к которым предъявляются высокие требования по скорости изменения параметров технологического пара.

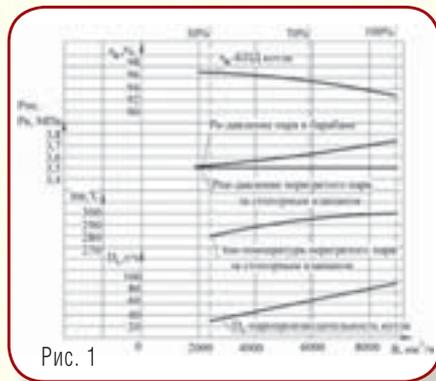


Рис. 1

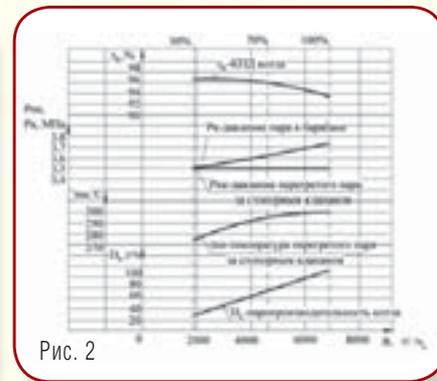


Рис. 2

**Таблица 3. Внедрение котлов КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ**

Компания	Объект	Марка котла	Кол-во	Год ввода
АО «Мажейкю Нафта» (Литва)	Котельная предприятия	КВГЗГМ	1	1998
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (Магнитогорск, Челябинская обл.)	Мини-ТЭЦ коксохимического производства	КВГЗГМ	1	2002
ОАО «Нижнекамскнефтехим» (Нижнекамск, Татарстан)	Установка утилизации отходов химического производства	КВГЗГМ	2	2002
ОАО «Волжский Оргсинтез» (Волжский, Волгоградская обл.)	Котельная предприятия	КВГЗГМ	2	2005
ОАО «Омский каучук» (Омск)	Котельный цех-ТЭС предприятия	КВГ2М ГМ	2	2005,
		КВГЗГМ	4	2006, 2008

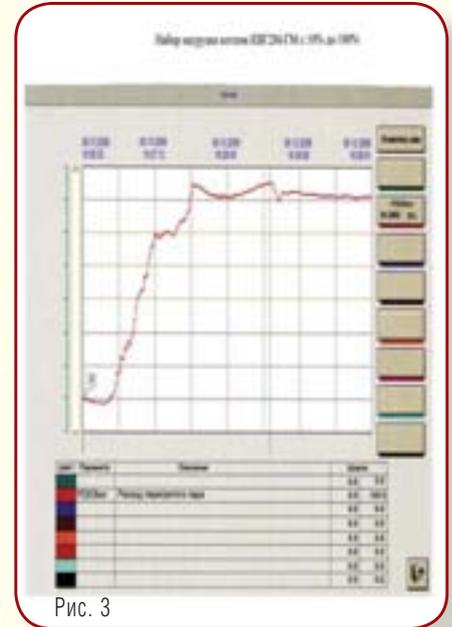


Рис. 3

Пусконаладочные и приемочные испытания малогабаритных энергонапряженных паровых котлов КВГЗГМ и КВГ2М-ГМ совместно с котлами-утилизаторами КУП 2500 были проведены в котельных и мини-ТЭЦ ряда предприятий, сведения о которых приведены в таблице 3.

Кроме того, на полномасштабном паровом испытательном стенде ОАО «Специальное конструкторское бюро котлостроения» (Санкт-Петербург) были проведены всесторонние паровые испытания натурного образца котла типа КВГЗ и его узлов. Комплекс испытаний на уникальном паровом стенде тепловой мощности 100 МВт полностью подтвердил заданные проектные параметры, характеристики котлов и их эффективность. Достаточно весомые преимущества таких котлов – малые габариты, высокая удельная тепловая напряженность топочного объема, высокие маневренные характеристики, простота монтажа котлов, поставляемых на стройплощадку в полной заводской готовности, сравнительно низкие затраты на строительные-монтажные работы, короткие сроки ввода, высокая надежность при неспецификационных режимах.

ОАО «СБК»  
Тел.: (812) 322-2377  
Факс: (812) 327-7025  
www.sbk.ru

## SHK Moscow: итоги и планы

*Выставка SHK Moscow, 14-й выпуск которой прошел в этом году, – одно из наиболее успешных и востребованных специализированных мероприятий в области энергетики и инженерного оборудования. Об итогах SHK Moscow 2010 и планах на 2011-й год нам рассказал руководитель проектов ООО «Мессе Дюссельдорф Москва» Михаил Шатов.*

**«Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» (ПКМ): Михаил Юрьевич, чем обусловлен многолетний успех выставки SHK?**

Михаил Шатов: Российский рынок находится в перманентном поиске решений в сфере экономии природных ресурсов – от решений для обеспечения микроклимата помещений до технологий для крупных промышленных комплексов. И существует лишь одна платформа, позволяющая производителям ознакомиться этот рынок со своей продукцией, – выставка SHK Moscow. Это единственный проект в России, успешно объединяющий энергосберегающие технологии отопления и кондиционирования с возобновляемыми источниками энергии, а также последовательно развивающий данные направления. Кроме того, со дня своего основания она проходит в сопровождении специализированного симпозиума, что является уникальным случаем в нашей отрасли.

**ПКМ: Можете вкратце подвести итоги выставки этого года?**

М. Ш.: В экспозиции площадью 9200 м<sup>2</sup> приняли участие более 200 компаний из 13 стран. За четыре дня работы выставку посетили 9700 человек. В рамках деловой программы прошел Европейский симпозиум «Современное энергоэффективное оборудование для теплоснабжения, водоснабжения и климатизации зданий», организованный при содействии отраслевых объединений АВОК и ЕНІ. В нем участвовали 400 специалистов из 10 стран.

Добавлю, что настроение на 14-ой выставке SHK Moscow было как нельзя более обнадеживающим. Экспоненты получили удовлетворение от выставки благодаря многочисленным деловым переговорам с российскими специалистами и новым деловым контактам. Выставка приятно удивила своих экспонентов качественным составом посетите-

лей. Большинство из них – высококвалифицированные, целеустремленные и компетентные специалисты, уполномоченные принимать решения.

Отмечу, что наш проект высоко ценят как экспоненты, так и посетители, в первую очередь, потому, что на этой выставке представлены только производители.



**ПКМ: Охарактеризуйте, пожалуйста, подробнее состав посетителей выставки.**

М. Ш.: Большая часть посетителей – это квалифицированные и в высшей степени заинтересованные специалисты. Так, 72 % посетителей в 2010 году составили менеджеры высшего звена соответствующих промышленных отраслей и административного сектора, 95 % посетителей – это бизнесмены и специалисты. Безусловно, от этого выигрывают экспоненты.

**ПКМ: Какими яркими событиями помимо деловой программы запомнилась выставка 2010-го года?**

М. Ш.: Таким событием я бы назвал анонс новых линеек оборудования ООО «Рационал», эксклюзивного поставщика горелок Weishaupt в России, специально приуроченный к SHK Moscow 2010. Это автоматизированные когенерационные установки на базе газопоршневых двигателей и модульные автоматизированные котельные, работающие на газе и дизельном топливе. Производство котельных организовано на заводе компании в Липецке.

**ПКМ: Какой будет экспозиция в 2011 г.?**

М. Ш.: Произошли изменения в позиционировании проекта. Экспозиция будет состоять из пяти актуальных тематических



разделов: «Отопление», «Вентиляция и кондиционирование», «Энергоэффективность», «Возобновляемые источники энергии» и «Водоснабжение».

**ПКМ: До 15-й выставки SHK Moscow осталось еще немало времени. Можно уже озвучить предварительный список компаний, подтвердивших свое участие?**

М. Ш.: Действительно, комплектование выставки еще продолжается. Но я уже могу назвать такие известные имена как Adrian, Alfa Laval, Aquatherm, Baltur, Baxi, Bono Energia, BWT, Carlueuklima, Elco, Expoinox, Giersch, Grundfos, Hummel, Hydrosta, Jeremias, Kaimann, KSB, Meibes, Oventrop, Pakole, Reflex, Rottenberger, Saacke, Seitron, Solaronics, Tecofi Tranter, Uponor, Vapor, Viessmann, Wolf, Zehnder, Компания АДЛ, «Атриум», «Баустрой», «Белогорье», «Бустер Рус», ТД завода котельного оборудования ОАО «Вольф Энерджи Солюшен», «Вика Мера», «Водная Техника», «Гофра Флекс», завод «ЛИТ», НПО «ЛИТ», «Немен», «Профессионал», «Ремекс Энерго», «Ролс К-Флекс», «Росиноск», «Стройтехизоляция», «Теплоэнергопром», «Тесто Рус», «Теплотекс», «Функе Рус», «Экодар» «Этра» и другие.

**ПКМ: Как вы считаете, насколько актуальны в нашей стране темы энергосбережения и возобновляемых источников энергии?**

М. Ш.: Энергосбережение – решающий аспект в условиях мировой конкуренции. Проекты по реиндустриализации российских крупных городов и регионов будут иметь шанс на успех только с учетом данного аспекта.

В вопросах защиты окружающей среды российские власти проявили амбициозность и немалую предприимчивость. Так, в 2009 г. президент Д. Медведев поставил стратегическую цель – до 2020 года снизить энергопотребление России на 40 % по сравнению с 2007 годом. Планируется также сокращение выбросов парниковых газов и значительное улучшение энергоэффективности российской экономики. Достижение этих целей невозможно без внедрения инновационных технологий для промышленного сектора и ЖКХ.

Поддержка программе будет оказана, в том числе, посредством государственных субсидий (упрощенные условия кредитования), а также путем улучшения идентификации энергосберегающих и экологичных продуктов за счет введения соответствующей маркировки.

Без сомнения, в вопросах защиты окружающей среды Россия стремится выйти на мировой уровень, а также повысить сознательность россиян в вопросах экологии. Спрос в этом сегменте рынка очень велик и сегодня западное ноу-хау необходимо России как никогда ранее.

Возобновляемые источники энергии – это первоочередной вопрос будущего, затрагивающий весь спектр производителей от Санкт-Петербурга до Владивостока. Градостроители, промышленные клиенты и российские субподрядчики ищут партнеров для этого, далеко еще не насыщенного, рынка.

**ПКМ: Расскажите о готовящейся деловой программе.**

М. Ш.: В рамках выставки SHK Moscow в 2011 году вновь пройдет специализированный симпозиум, затрагивающий следующие темы: «Энергосберегающие системы», «Современные инженерные системы», «Возобновляемые источники энергии», «Технология «зеленого» здания». О новейших разработках в области энергетики и инженерного оборудования в России расскажут признанные эксперты.

При разработке структуры симпозиума в этот раз еще больше внимания уделяется непосредственному пространственному взаимодействию экспонентов и посетителей. В соответствии с этим доклады экспертов и сами дискуссии впервые будут проходить в выставочных павильонах. Этот метод проведения симпозиума призван сблизить экспонентов и посетителей.

Организаторы симпозиума – два ведущих союза отрасли отопления,



вентиляции, кондиционирования: АВОК (Некоммерческое партнерство инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике) и ЕНІ (Европейская Ассоциация производителей отопительного оборудования).

Симпозиум расширяет рабочий диапазон выставки SHK Moscow и делает это деловое мероприятие более комплексным и привлекательным для экспертов в области энергетики и инженерного оборудования.

**ПКМ: Михаил Юрьевич, благодарим за ваши ответы!**

**М. Ш.: Ждем ваших читателей с 18 по 21 апреля в ЦВК «Экспоцентр» на SHK Moscow 2011!**



# Памяти Евгения Федоровича Кургаева

Б. Фрог

*16 октября 2010 года исполнилось 100 лет со дня рождения Евгения Федоровича Кургаева, доктора технических наук, профессора, известного ученого в области водоснабжения, гидравлики и технологии очистки воды, педагога, наставника и просто очень яркого, щедрого человека.*

**Е**вгений Федорович Кургаев родился 16 октября 1910 г. в г. Аткарске Саратовской губернии. Затем его семья переехала в Саратов, где Евгений в июне 1930 г. окончил строительный техникум, затем работал на стройке, в проектно бюро Управления Рязанско–Уральской железной дороги. Одновременно он преподавал в техникуме. В 1932 г. Е.Ф. Кургаев окончил Московский институт инженеров транспорта по специальности «Водоснабжение и канализация» (Для железнодорожного транспорта эта специальность была очень важной, т.к. основными локомотивами были паровозы, кроме того, всегда остро стоял вопрос автономного водоснабжения железнодорожных поселков.). После окончания МИИТа, с 1932 по 1936 год работал в г. Саратове на Рязанско–Уральской (ныне Приволжской) железной дороге в должности инженера, прораба и старшего инженера.

С 1936 по 1940 г. Е.Ф. Кургаев обучался в очной аспирантуре МИИТа и по совместительству работал ассистентом на кафедре водоснабжения и канализации. Сохранилась справка об этой работе. В течение двух семестров аспирант Кургаев Е.Ф. «вел педагогическую работу по дисциплинам «Водоснабжение и канализация зданий» и «Гидравлика» (лекции, курсовое проектирование, практические и лабораторные занятия)». В 1940 г. Е.Ф. Кургаев успешно защитил кандидатскую диссертацию. Его диссертационная работа «Рационализация



некоторых основных элементов водомягчителей» получила 3-ю премию на Всесоюзном конкурсе научных работ и изобретений, который проводился журналом «Социалистический транспорт» совместно с научно-исследовательскими институтами и центральными управлениями Наркомата путей сообщения. В решении жюри конкурса было отмечено, что работа т. Кургаева имеет большую практическую ценность.

С 1940-го и до выхода на пенсию в 1990 г. Е.Ф. Кургаев работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС, теперь ВНИИЖТ) в должности старшего научного сотрудни-

ка, руководителя бригады, заведующего лабораторией.

Летом 1941 г. институт был эвакуирован в Ташкент. Во время Великой Отечественной войны сотрудники института, в том числе и Евгений Федорович, обеспечивали бесперебойную работу железных дорог в тылу, а затем – их восстановление в освобожденных районах. В период 1941–44 гг. Е.Ф. Кургаев провел большую работу по усилению водоснабжения Ташкентской, Рязано-Уральской, Южно-Уральской и Свердловской железных дорог. В 1944–49 гг. Е.Ф. Кургаев принимал активное участие в работах по оснащению новыми водоочистными сооружениями при восстановлении водоснабжения Приднепровской, Донецкой и Южной железных дорог. Эта работа была отмечена рядом благодарностей начальников железных дорог. Вот, например, текст одной из таких благодарностей от 7 апреля 1943 г.: «Путем разработки и внедрения простейших мероприятий, не потребовавших капиталовложений, увеличена производительность устройств водоснабжения на 25–40 % на лимитированных участках Ташкент – Арысь и на ст. Кзыл-Орда. ... За проявленную инициативу в разработке и внедрении мероприятий по использованию местных ресурсов и экономии остродефицитных материалов, развитию местной производственной базы и в целом обеспечению бесперебойной работы

дороги в ответственный момент Отечественной войны – объявить благодарность с занесением в личное дело Кургаеву Е.Ф. – кандидату технических наук, руководителю бригады водоснабжения».

Е.Ф. Кургаев был награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 годов». В 1952 г. он был награжден медалью «За трудовую доблесть», а также удостоен звания Почетного железнодорожника. В 1954 г. работа Е.Ф. Кургаева «Новые высокоэффективные осветлители» выдвигалась Ученым советом Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта на соискание Сталинской премии.

В 1956 г. одна из работ Е.Ф. Кургаева докладывалась на сессии ЮНЕСКО ООН, проходившей в Индии, была опубликована в трудах ЮНЕСКО.

В 1961 г. Е.Ф. Кургаев защитил докторскую диссертацию по теме «Основные вопросы теории и расчета осветлителей». В 1962 г. ему была присвоена ученая степень доктора технических наук, а в 1966 г. – звание профессора.

С начала 1965-го по 1991 год Е.Ф. Кургаев по совместительству работал в МИСИ на кафедре водоснабжения.

За время своей научной деятельности Е.Ф. Кургаев опубликовал свыше ста двадцати научных работ – статей, монографий, отчетов, получил 49 авторских свидетельств и патентов. Два последних патента с его участием были зарегистрированы в Украине уже после его кончины, в 1997 и 1999 гг. (совместно с М.И. Донцовой и др.).

Монографии и научные статьи профессора Е.Ф. Кургаева широко известны как в нашей стране, так и за рубежом. Его научно-технические разработки и изобретения в течение многих лет успешно реализовывались при строительстве систем очистки природных и сточных вод. Монографии Е.Ф. Кургаева являются фундаментальными работами в области изучения, проектирования и строительства осветлителей. В 1967 г. имя Кургаева было занесено в книгу почета ЦНИИ МПС.

Основным направлением исследований Е.Ф. Кургаева было создание новой техники и разработка теории процессов очистки воды. Созданные им на уровне изобретений новые аппараты и сооружения нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства (для очистки технической и питьевой воды): в тепловой энергетике, в химической и бумажной промышленности, в цветной и черной металлургии и в коммунальном хозяйстве. Осветлителями конструкции Е.Ф. Кургаева было оборудовано крупнейшее Куринское водоснабжение группы станций и 2-й Бакинский водопровод. В тепловой энергетике осветлителями типа ЦНИИ-1, ЦНИИ-2 и ЦНИИ-3 конструкции Е.Ф. Кургаева было оборудовано несколько сотен ГРЭС и ТЭЦ (по данным на июль 1972 г. – около трехсот).

Кроме того, аппараты и сооружения для очистки воды конструкции Кургаева были внедрены в Польше, Чехословакии, Китайской народной республике, Индии, Эфиопии и других странах.

Профессор Е.Ф. Кургаев также консультировал разработку и внедрение новой техники в ряде крупных проектно-исследовательских и производственных организаций, включая Теплоэлектропроект, Гипрохлор, Гипрогазоочистка, Гипрогазнефть, Мосгипротранс, Гипробум, Гипросахар. Он в течение многих лет сотрудничал с проблемной лабораторией Горьковского инженерно-строительного института им. В.П.Чкалова (ныне Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет), принимал активное участие в разработке крупных проблем, связанных с глубокой очисткой промышленных сточных вод, а также в решении задач по изучению и промышленному применению напорных гидроциклонов.

С 1973 г. Е.Ф. Кургаев работал в экспертной группе Высшей аттестационной комиссии СССР. В течение многих лет он также являлся членом специализированных Ученых советов МИСИ и ВНИИ ВОДГЕО. Одновременно он осуществлял широкие научные контакты с Институтом физической механики АН СССР, Институтом геохимии и анали-

тической химии им. Вернадского АН СССР, с институтом Коллоидной химии и химии воды АН УССР, ВОДГЕО, с Академией коммунального хозяйства и целым рядом других научных, проектных и строительных организаций, а также с отделениями водоснабжения ряда железных дорог.

Одновременно в течение многих лет Е.Ф. Кургаев вел по совместительству преподавательскую работу: в 1938–41 гг. и в 1951–53 гг. – в МИИТе, в 1965–89 гг. – в МИСИ. Он внес большой вклад в совершенствование процессов подготовки инженерных кадров по специальностям «Водоснабжение и канализация» и «Очистка природных и сточных вод». Книги профессора Е.Ф. Кургаева «Основы теории и расчета осветлителей» (1962 г.) и «Осветлители воды» (1977 г.) в течение многих лет использовались в качестве учебных пособий студентами строительных и энергетических специальностей. В них молодые специалисты находили все новую и новую «пищу для ума» – и в оригинальных подходах к трактовке, и в описании физико-химических процессов, и в конструктивных решениях отдельных элементов водоочистной аппаратуры. В течение ряда лет Е.Ф. Кургаев также возглавлял государственные экзаменационные комиссии Горьковского инженерно-строительного института им. В.П.Чкалова.

Кроме того, профессор Е.Ф. Кургаев руководил подготовкой аспирантов, много раз выступал в качестве оппонента на защитах кандидатских и докторских диссертаций. Он подготовил около двадцати кандидатов и докторов наук. Наряду с правительственными наградами, Е.Ф. Кургаев дважды награждался медалями ВДНХ, ему неоднократно объявлялись благодарности.

Евгений Федорович Кургаев скончался 30 января 1996 г. в Москве. Но дело, которому он посвятил жизнь, продолжает жить в трудах его многочисленных учеников и последователей, людей, хранящих память об этом удивительном человеке.

Издательский центр

# АКВА.ТЕРМ

Тел./факс: +7 (495) 751-67-76 |

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

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

Уважаемые читатели!

**Продолжается подписка на журналы Издательского Центра «Аква-Терм» на 2011 год.**

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

## Подарок!

При оформлении в редакции годовой подписки на журнал «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» в печатной версии Вы получаете подарок – доступ к электронной версии журнала!\*



### Наименование изданий

Цена

Количество

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

2875 руб.

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

2346,8 руб.

Книга «Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы»

300 руб.

Книга «Русская отопительно-вентиляционная техника»

249 руб.

Справочник-каталог «Бытовые отопительные котлы»

500 руб.

Справочник-каталог «Горелки»

450 руб.

Брошюра «Твердотопливный котел в вашем доме»

150 руб.

Брошюра «Что нужно знать при выборе котла»

30 руб.

Брошюра «Гидроаккумуляторы и расширительные баки»

150 руб.

Брошюра «Как отопить загородный дом»

60 руб.

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

## Информация о компании-заказчике

1. Наименование компании: \_\_\_\_\_

2. ИНН/КПП/ОКПО: \_\_\_\_\_

3. Адрес для счет-фактур: \_\_\_\_\_

4. Адрес почтовой доставки:

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

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

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

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

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

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

# Мы повысим эффективность Ваших специалистов

8 (495) 752 01 17  
info@atstaff.ru  
<http://www.atstaff.ru>

кадровый центр  
**АКВА-ТЕРМ**

РАБОТОДАТЕЛЮ

## Поиск и подбор

✓ оперативно и недорого

## Профессиональная подготовка и оценка

✓ уникальная отечественная методика

## Мотивационные программы

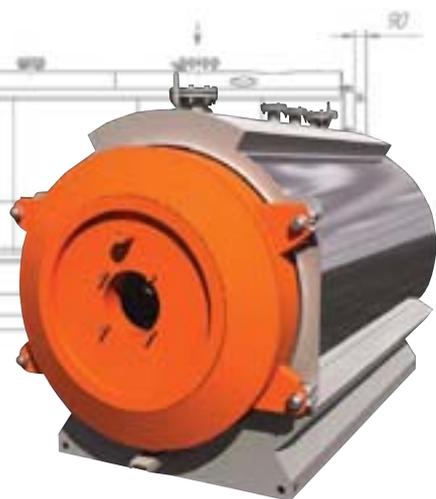
✓ управление производительностью  
и оптимизация расходов

СПЕЦИАЛИСТУ

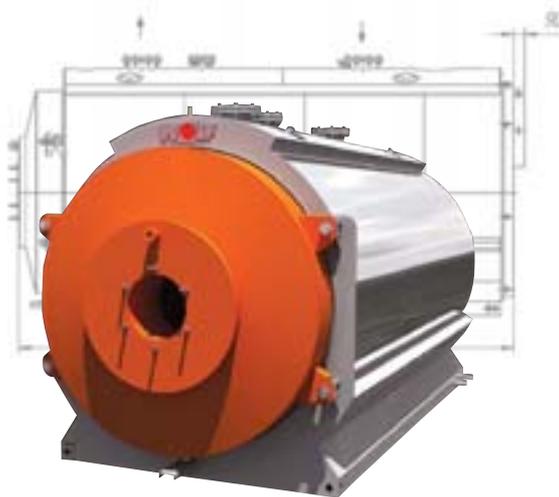
**Трудоустройство  
с достойной оплатой**

**РАЗРАБОТАНЫ**  
С УЧЕТОМ ОПЫТА И  
ТРЕБОВАНИЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
РОССИЙСКИХ  
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

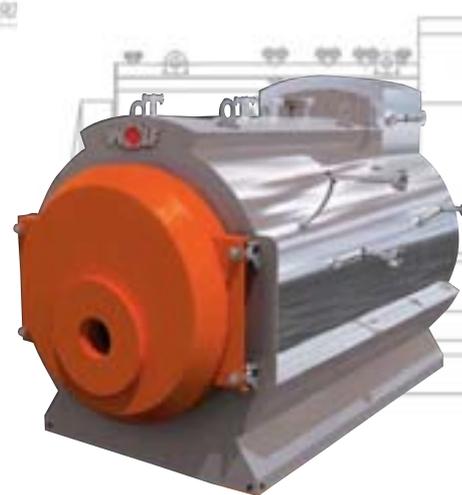
Водотрубные водогрейные  
газоплотные котлы  
серии EUROTHERM  
мощностью  
**от 3,15 до 58,2 МВт**



Двухходовые жаротрубные  
водогрейные котлы  
серии DUOTHERM  
мощностью  
**от 0,5 до 2,0 МВт**



Трехходовые жаротрубные  
водогрейные котлы  
серии GKS DYNATHERM  
мощностью  
**от 1,7 до 5,8 МВт**



Двухходовые жаротрубные  
паровые котлы  
серии VAPOTHERM  
производительностью  
**от 500 до 4000 кг/час**

+7 (495) 790-78-92  
+7 (495) 233-42-60

[www.100mw.ru](http://www.100mw.ru)

**Немецкое качество. Российский опыт.**