

Технология и опыт очистки экранных труб энергетических котлов ТЭЦ

Статья посвящена технологии и опыту химической очистки экранных труб энергетических котлов ТЭЦ от накипи. Технология апробирована на энергетических паровых котлах барабанного типа производительностью до 420 тонн пара в час. В качестве основного реагента, используемого для промывки, использован Кратол К.

Актуальность проблемы очистки энергетических котлов

Руководящие документы диктуют особые требования к чистоте поверхностей нагрева энергетических котлов ТЭЦ. Даже 1 – 2 мм накипи способны вызвать разрыв экранных труб и привести к аварийному останову котла. Согласно МУ 34-70-113–85 «Методические указания по предупредительной химической очистке теплоэнергетического оборудования», для паровых барабанных котлов количество отложений после очистки не должно превышать 70 г/м². В практике ООО «Инновации и Сервис» встречались котлы, количество отложений на экранных трубах которых достигало более 2500 г/м². В 2023 – 2024 году организацией были

выполнены работы по химической очистке ряда энергетических котлов.

Методы очистки энергетических котлов

Существующие методы очистки энергетических котлов подробно описаны в МУ 34-70-113–85 «Методические указания по предупредительной химической очистке теплоэнергетического оборудования». При предупредительных химических очистках рекомендовано использовать одноконтурную схему, при которой весь пароводяной тракт котла подвергается очистке одновременно одним раствором. Для этих целей требуются насосы МСК-1000-350 для котлов энергоблоков 100 – 200 МВт, насосы типа 8МСК-7Ч6 и 8 МСК-7Ч3 — для котлов паропроизводительностью менее 420 т/ч. Однако в настоящее время на многих станциях по различным причинам схемы химической промывки и необходимое оборудование отсутствуют.

На некоторых станциях для химической промывки используется метод травления соляной кислотой, когда реагент закачивают в котёл до среднего уровня барабана. После этого раствор нагревается до температуры парообразования, и в котле проводится естественная циркуляция. При этом следует отметить, что при температуре более 100 °С ингибиторы в составе моющих растворов теряют свои защитные свойства, и такая промывка чревата повышенным коррозионным воздействием на стенки труб котла.

По опыту ООО «Инновации и Сервис», запросы от генерирующих компаний и ТЭЦ промышленных предприятий поступают в основном на химическую промывку экранных труб. Это свидетельствует о целесообразности разработки новых решений по очистке энергетических котлов от накипи.

Предлагаемая методика очистки энергетических котлов

Предлагаемое решение по очистке энергетических котлов содержит орга-



Лопнувшие экранные трубы энергетического котла

низацию схемы промывки, подбор промывочного оборудования, а также специфику применения реагента Кратол К.

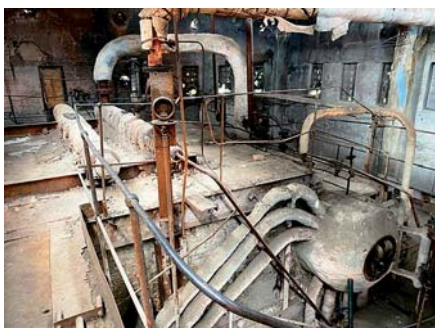
Суть программы химической промывки, предлагаемой ООО «Инновации и Сервис», заключается в создании циркуляционного контура: нижние коллекторы, экранные трубы, барабан, аварийный слив, по которому выполняется циркуляция промывочного раствора с использованием химического насоса.

При этом появляется возможность использовать мобильные установки химической промывки, в состав которых входят химический насос с подачей до 540 м³/час и расширительный бак объёмом до 10 м³. Мобильность оборудования крайне важна в российских условиях. Многие объекты энергетики географически удалены от крупных городов и оперативно доставить оборудование, а также материалы на ТЭЦ зачастую не представляется возможным.

Химическая промывка котлов проводится реагентом Кратол К, который представляет собой оптимизированную смесь кислот, ингибиторов коррозии, ПАВов, усилителей моющего действия.



Внешний вид реагента Кратол К



Паровой котёл БМ-35



Накипь в экранных трубах энергетических котлов

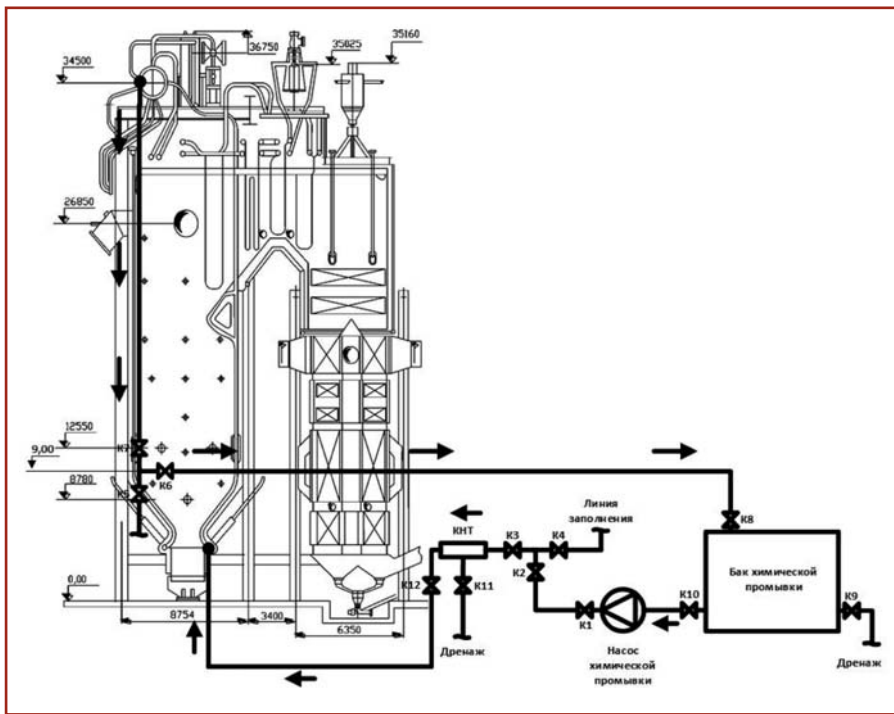


Схема циркуляции при кислотной промывке экранных труб котла БКЗ-210-140

Характеристика реагента Кратол К	Нормы НТД	Установлено анализом
Внешний вид	Кристаллический продукт белого цвета с включениями в виде крупных белых кристаллов, допускается кремовый оттенок	Соответствует
Водородный показатель 5 %-ного водного раствора, ед. рН, не более	1,0	1,0
Скорость коррозии стали Ст3пс в 5 %-ном водном растворе при 20 °С, г/(м ² ·ч), не более	0,20	0,20

Реагент поставляется в сыпучем виде в мешках по 40 кг или в мягких контейнерах по 800 кг. Для создания промывочного раствора реагент дозируют в воду в пропорции: 1 часть реагента на 15 – 25 частей воды, что соответствует 3 – 7 %-ному раствору. Кратол К перемешивается при циркуляции в баке кислотной промывки. Оптимальная температура промывочного раствора — 60 – 70°С поддерживается за счёт огневого обогрева котла одной горелкой на минимальном режиме. Промывка выполняется в течение 24 – 96 часов при циркуляции промывочного раствора. Время промывки определяется изменением его показателя кислотности рН. Если показатель рН изменяется от 1 к 3 – 4, промывка продолжается. Как только значение показателя рН стабилизировалось в течение 4 – 8 часов на уровне 1, промывка считается завершённой.

Основные характеристики реагента Кратол К представлены в таблице.

На реагент Кратол К получены гигиенический сертификат, паспорт качества, паспорт безопасности. Продукт не подлежит обязательной сертификации. Реагент выпускается на основании ТУ 20.59.59-536-05800142-2020.

Существенным фактором, определяющим эффективность химической промывки, является соблюдение этапов и технологии процесса, который подробно рассмотрен далее.

Этапы химической промывки энергетического котла

1. Сбор информации об объекте очистки

1.1. Тип и марка котла, его компоновка, производительность. Согласно паспорту, уточняется водяной объём котла и площадь экранных труб. Определяется планируемый объём химической промывки.

1.2. Техническое состояние котла. Исследуется информация о сроке эксплуатации котла, проводимых капитальных ремонтах, в частности, замене отдельных элементов поверхностей нагрева котла. Уточняется остаточная толщина труб и данные о причинах повреждения труб.

1.3. Анализ данных о химическом составе отложений и удельной загрязнённости внутренних поверхностей нагрева экранных труб.

Например, в 2023 году сотрудники ООО «Инновации и Сервис» выполнили химическую промывку котла Е-100-3,9-440 на одном из предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Удельная загрязнённость экранных труб перед промывкой достигала 2420 г/м². Химический анализ отложений: SiO₂ — 10,18 %, CaO — 15,39 %, MgO — 9,07 %, FeO — 31,89 %, Fe₂O₃ — 5,46 %, MnO — 0,62 %, Cr₂O₃ — 0,08 %, NiO — 0,18 %, Al₂O₃ — 3,23 %.

2. Разработка программы проведения работ (ППР)

Программа промывки парового котла разрабатывается совместно с персоналом ТЭС в соответствии с ПТЭ и другими НТД и утверждается техническим руководством станции. Представители подрядной организации должны посетить ТЭС в целях обсуждения технических вопросов, касающихся выполнения работ: организации схемы промывки, подключения промывочного оборудования, заполнения котла водой и под-

АКТ оценки состояния внутренней поверхности экранных труб правого бокового экрана парового котла Е-100-3,9-440 ст. № 3					
Причина: отдулины со свищами на трубах правого бокового экрана ПКст.№3. Дата вырезки: 24 января 2023г.					
№ п/п	Наименование образца	Место вырезки образца	Срок службы	Кол-во отложений г/м ²	Толщина отложений, см
1	Образец №1 Огневая сторона, труба Ø60×3, Ст20	правый боковой экран, труба №42 (счет с слева - направо снаружи топки), отм. +4,5.00м.	41 год	2420	0,2-0,5
2	Образец №1 Тыльная сторона, труба Ø60×3, Ст20	правый боковой экран, труба №42 (счет с слева - направо снаружи топки), отм. +4,5.00м.	41 год	260	0,1-0,2
3	Образец №2 Огневая сторона, труба Ø60×3, Ст20	правый боковой экран, труба №45 (счет с слева - направо снаружи топки), отм. +4,5.00м.	41 год	1622	0,1-0,2

Акт оценки состояния экранных труб котла Е-100-3,9-440 перед промывкой



Химический насос производительностью 315 м³/ч



Бак кислотной промывки объёмом 5 м³

держания необходимой температуры в котле во время промывки, общего времени выполнения работ и времени реализации каждого этапа, нейтрализации и утилизации промывочного реагента, промывки котла водой, вскрытия и очистки барабана котла и нижних коллекторов. Здесь приведён далеко не полный перечень вопросов, отражаемый в программе проведения работ.

3. Доставка и подключение оборудования

ООО «Инновации и Сервис» использует мобильные установки для химической промывки энергетических котлов. Промывочное оборудование перевозят на автомашинах небольшой грузоподъёмности и оперативно подключают в точках размещения.

В зависимости от паропроизводительности и промывочного объёма котла, используются химические насосы с проточной частью, изготовленной из нержавеющей стали, производительностью до 540 м³/ч. Производительность насосов, как правило, ограничена диаметром линии заполнения котлов, который составляет от 50 до 150 мм.

В качестве баков кислотной промывки используются ёмкости до 10 м³. Назначение ёмкости в данной технологии — засыпка и подготовка раствора требуемой концентрации реагента Кратол К.

Химический насос и бак кислотной промывки подключаются к котлу через сварные штуцера с запорной арматурой через коллектор нижних точек (КНТ) и аварийный слив посредством кислотоустойчивых рукавов необходимого диаметра.

4. Предварительная водная промывка котла

Данный этап предназначен для удаления из водяного тракта котла взвешенных частиц и легкосмываемых загрязнений. Для этого деаэрированная питательная вода подаётся через водяной экономайзер в барабан, и котёл заполняется до среднего уровня барабана Н_{бар0}. Затем открываются нижние точки коллекторов экранов на слив в систему гидрозолаудаления, и расход питательной воды выставляется таким, чтобы на всём протяжении этапа водной отмычки поддерживался уровень Н_{бар0}.

Водная промывка заканчивается, когда показатель pH сбрасываемой воды сравнивается с показателем pH питательной воды. Также выполняется тест на прозрачность воды — не менее 20–40 см в зависимости от вида топлива.

5. Предварительное щелочение котла

Отложения, образующиеся в энергетических котлах, крайне прочны и жёстко сцеплены с поверхностью нагрева.

Для размягчения отложений и увеличения удельной площади их поверхности применяется предварительное щелочение котла. Щелочение выполняется раствором едкого натра NaOH (0,6–0,8 %) или кальцинированной соды Na₂CO₃ (1,5 %). Процедура проводится при циркуляции промывочного раствора в контуре. Температура щелочения — 92–98 °С. Время щелочения — 8–10 часов. После щелочения проводится водная отмычка котла до показателя pH, соответствующего pH питательной воды.

6. Химическая промывка котла

Химическая промывка экранных труб энергетических котлов выполняется посредством циркуляции промывочного раствора реагента Кратол К через водяной тракт котла. Во время промывки ежесекундно контролируется кислотность промывочного раствора, температура, содержание общего железа, параметр TDS¹. Химическая промывка заканчивается, когда pH промывочного раствора составляет 2 единицы и не изменяется в течение 12 часов.

7. Нейтрализация и утилизация промывочного раствора

В качестве основного реагента для нейтрализации кислотных растворов выбирают едкий натр (NaOH) или кальцинированную (Na₂CO₃) соду. Нейтрализация промывочного раствора проводится порциями в баке кислотной промывки. После этого, когда показатель pH нейтрализованного раствора станет равным 6–8 единиц, его сбрасывают в канал гидрозолаудаления котельного цеха.

¹ TDS (Total Dissolved Solids) — параметр, характеризующий общее количество растворённых веществ в воде.

8. Водная отмычка котла

После нейтрализации и утилизации промывочного раствора проводится окончательная водная отмычка котла. Технологические водная отмычки и контрольные параметры идентичны описанным в п. 4.

9. Выемка шлама

После химической промывки котла существует вероятность, что в барабане и коллекторах останется нерастворимый осадок, неудаляемый после промывки. В таком случае вскрывается барабан и коллекторы котла и производится выемка шлама. После этого водную промывку целесообразно повторить.

Результаты применения технологии

По результатам лабораторных испытаний с использованием реагента Кратол К, выполненных в филиале АО «РИР» в г. Новоуральске, эффективность очистки реагента методом травления составила 44,4 %. Вес накипи после обработки в растворе реагента уменьшился с 5,0 до 2,78 г за 8 часов при температуре 60 °С.

По результатам лабораторных испытаний в ПАО «ТГК-11» скорость коррозии СтЗпс в 5 %-ном водном растворе реагента Кратол К при температуре 20 °С составила 0,12 г/(м²·ч).

В 2023–2024 годах реагентом Кратол К выполнена химическая промывка энергетических котлов на ТЭЦ ряда промышленных предприятий, среди них АО «Кондопожский ЦБК» (Е-100-3,9-440ГМ), АО «Сокол» (ГМ-50, БКЗ-75-39), АО «Волга» (БКЗ-210-140 Ф), ПАО «ППГХО» (БКЗ-210-140-ПТ-8). Во всех случаях после промывки достигнуто снижение удельной загрязнённости поверхностей нагрева котлов с 1600–2400 г/м² до 40–98 г/м². В половине контрольных вырезов остаточная удельная загрязнённость не выявлена.

Заключение

С учётом имеющегося положительного опыта очистки экранных труб котлов от отложений ООО «Инновации и Сервис» готово к исполнению указанных работ на ТЭС промышленной энергетики с использованием собственного мобильного оборудования, оснастки и моющего реагента Кратол К.

**КОЛОСОВ А. В., директор
ООО «Инновации и Сервис»
144000, Московская обл.,
г.о. Электросталь,
ул. Николаева, 9, пом. 17
+7 (916) 868-61-88
innova@inev.ru
inev.ru**