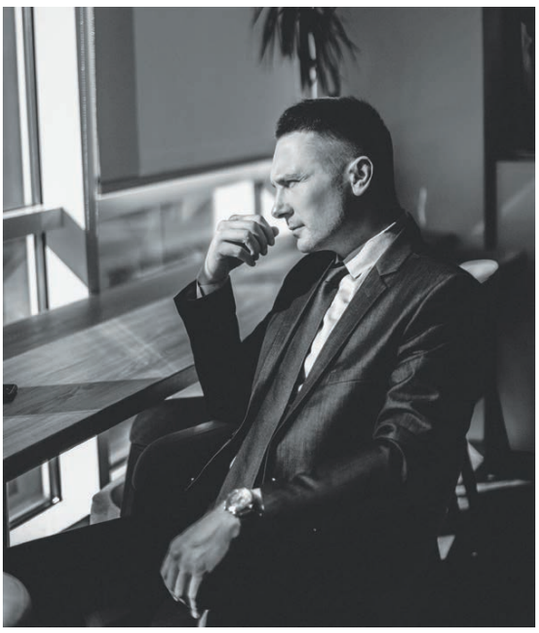
# Очистка экранных поверхностей нагрева паровых энергетических котлов барабанного типа от накипи

Андрей Колосов, директор ООО «Инновации и Сервис»

***В настоящей статье сформулирована проблема необходимости очистки экранных поверхностей нагрева паровых энергетических котлов барабанного типа от накипи. Описаны существующие методы очистки котлов, обоснована целесообразность разработки новых подходов к очистке. Предложен апробированный метод химической очистки экранных труб энергетических котлов от накипи с использованием реагента нового поколения 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 предпусковой химической очистке теплоэнергетического оборудования», для паровых барабанных котлов количество отложений после очистки не должно превышать 70 г/м$^2$. В практике ООО «Инновации и Сервис» встречались котлы, количество отложений на экранных трубах которых достигало более 2500 г/м$^2$. В 2023-2024 году был выполнен ряд работ по химической очистке ряда энергетических котлов.

## Существующие методы очистки энергетических котлов

Существующие методы очистки энергетических котлов подробно описаны в МУ 34-70-113-85 «Методические указания по предпусковой химической очистке теплоэнергетического оборудования». При этом рекомендовано использовать одноконтурную схему, при которой весь пароводяной тракт котла подвергается очистке одновременно одним раствором. Для этих целей требуется насосы МСК-1500-575 (1500 м$^3$/ч; 575 м вод. ст.; 160 °С; Нвсас = 16 м вод. ст.) для энергоблоков сверхкритического давления; насосы МСК-1000-350 (1000 м$^3$/ч; 350 м вод. ст.; 120 °С; Нвсас = 16 м вод. ст.) – для энергоблоков 100, 150, 200 МВт, насосы 8МСК-7Ч6 (300 м$^3$/ч, 360 м вод. ст.) и 8 МСК-7Ч3 (300 м$^3$/ч, 180 м вод. ст.) – для энергоблоков мощностью менее 100 МВт и отдельных котлов паропроизводительностью до 420 т/ч. Однако в настоящее время на многих станциях отсутствуют схемы химического хозяйства и необходимое оборудование.

На некоторых станциях используется метод травления соляной кислотой, когда реагент закачивают в котел до уровня верхнего барабана. После этого раствор нагревается до температуры парообразования и проводится естественная циркуляция в котле. При этом нужно понимать, что при температуре более 100°С ингибиторы в составе соляной кислоты теряют свои защитные свойства и такая промывка чревата повышенным коррозионным воздействием.

Кроме того, отмечаем в своей практике, что все запросы на очистку энергетических котлов содержат требования по промывке только экранных труб. Это поставило задачу разработать новые решения по очистке энергетических котлов от накипи.

*Рис. 1. Паровой котел БМ-35*

*Рис. 2. Накипь в экранных трубах энергетических котлов*

*Рис. 3. Лопнувшие экранные трубы энергетического котла*

## Предлагаемое решение

Предлагаемое решение по очистке энергетических котлов содержит не только организацию схемы промывки, но и 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 коллектора, экранные трубы, верхний барабан, аварийный слив. По данному контуру выполняется циркуляция промывочного раствора с использованием внешнего химического насоса. За счет существенно меньшего водяного объема экранных труб, по сравнению с полным контуром котла, существует возможность использовать мобильные установки химической промывки с параметрами: химический насос с подачей до 540 м$^3$/ч и объемом бака до 10 м$^3$.

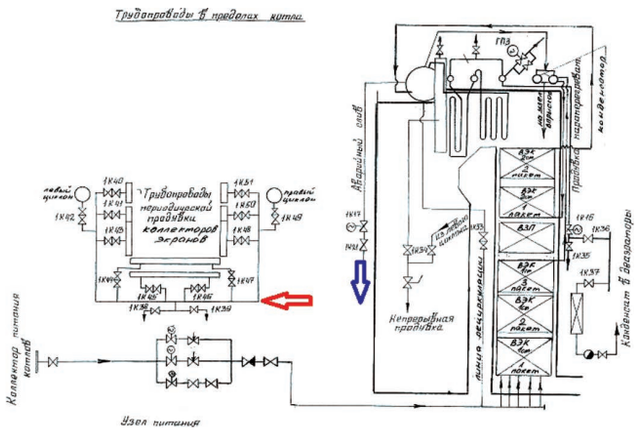



*Рис. 4. На схеме стрелками обозначены точки подключения промывочного насоса*

Кроме того, химическая промывка котлов проводится специализированным реагентом Кратол К. Особенностью реагента является высокая моющая способность и безопасность для металла котлов. Лабораторные испытания Кратол К (методом травления), выполненные в АО «ТГК-11», подтвердили характеристики реагента. По свидетельству ООО «Инновации и Сервис», моющая способность реагента существенно возрастает при циркуляции. Предварительное щелочение котла также повышает скорость и качество химической промывки.

*Рис. 5. Внешний вид реагента Кратол К*

Для получения заявленного результата химической промывки также требуется обеспечение температурного режима. При предварительном щелочении каустической содой (NaOH) температура промывочного раствора должна составлять 92-98°С в течение 8-12 часов. При химической промывке реагентом Кратол К – 50-70°С в течение 72-120 часов.

## Этапы химической промывки энергетического котла

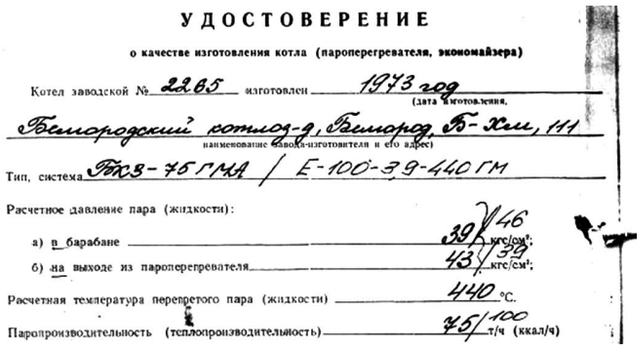
Целесообразно подробнее описать все этапы химической очистки энергетических котлов: как подготовительные, так и основные.

**1. Сбор информации об объекте очистки.**

Безусловно, первым и очень важным подготовительным этапом является сбор исчерпывающей информации об очищаемом котле.

На данном этапе целесообразно сформировать заказчику опросный лист, в котором будут отражены следующие вопросы:

1.1. Тип и марка котла. Здесь учитывается тип и марка котла, его компоновка, производительность. Согласно паспорту, уточняется водяной объем котла и площадь экранных труб. Определяется планируемый объем промывки. В данной статье описана технология промывки экранных и опускных труб паровых энергетических котлов.



**УДОСТОВЕРЕНИЕ**

**о качестве изготовления котла (пароперегревателя, экономайзера)**

Котел заводской № 2265 изготовлен 1973 год
(дата изготовления)

Белгородский котлоз-д, Белгород, Б-Хм, 111
наименование завода-изготовителя и его адрес

Тип, система ПКС-75 ГМА / Е-100-3,9-440 ГМ

Расчетное давление пара (жидкости):

а) в барабане 39/46 кгс/см²;

б) на выходе из пароперегревателя 43/39 кгс/см²;

Расчетная температура перегретого пара (жидкости) 440 °С.

Паропроизводительность (теплопроизводительность) 75/100 т/ч (ккал/ч)

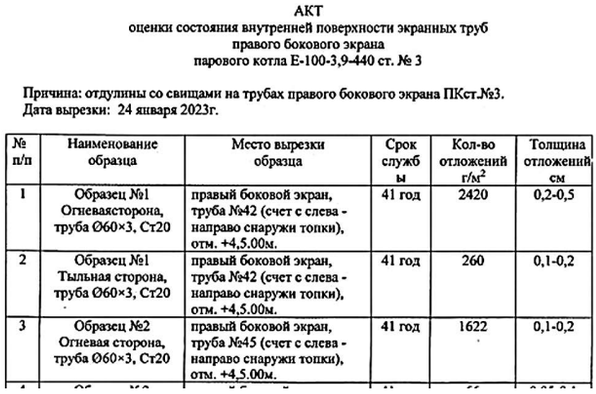
*Рис. 6. Паспорт котла*

1.2. Техническое состояние котла. В данном случае важно получить информацию о сроке эксплуатации котла, проводимых капремонтах и замене частей котла. Уточняется остаточная толщина труб. Собираются данные по нештатным ситуациям, связанным с порывом труб.

1.3. Третьим важнейшим этапом является получение данных о химическом составе отложений и удельной загрязненности внутренних поверхностей нагрева экранных труб.

В 2023 году сотрудники ООО «Инновации и Сервис» выполнили химическую промывку котла Е-100-3,9-440 на одном из предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. При этом были собраны следующие исходные данные:

Удельная загрязненность поверхностей нагрева достигала 2400 г/м$^2$, химический анализ накипи показал содержание железа более 70%. Следует отметить, что химический состав накипи в энергетических котлах ТЭЦ примерно одинаков. Оксиды железа – более 70%, соли жесткости (Ca и Mg) – 5-10%, Cu – 5-10%, $SiO_2$ – до 15%.



**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 Огневаясторона, 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 |

*Рис. 7. Акт оценки состояния экранных труб*

При возможности получения образцов отложений целесообразно исследовать растворяющую способность применяемого реагента. Специалисты ООО «Инновации и Сервис» посещают все основные объекты, берут образцы накипи и тестируют их растворяемость в реагенте Кратол К. Только после этого возможно определение расхода количества реагента и расчет стоимости работ.

**2. Разработка программы проведения работ (ППР)**

Также крайне желательно посещение объекта и согласование программы проведения работ с техническим руководством станции. Отчасти, некоторые вопросы можно обсудить дистанционно, однако наиболее полной будет подготовка программы после посещения объекта.

На данном этапе обсуждаются все технические вопросы, касающиеся выполнения работ: организация схемы промывки, подключение промывочного оборудования, заполнение котла водой и поддержание необходимой температуры в котле во время промывки, общее время выполнения работ и время реализации каждого этапа, нейтрализация и утилизация промывочного реагента, промывка котла водой, вскрытие и очистка верхнего барабана и нижних коллекторов. Здесь перечислены далеко не все вопросы, отражаемые в программе проведения работ.

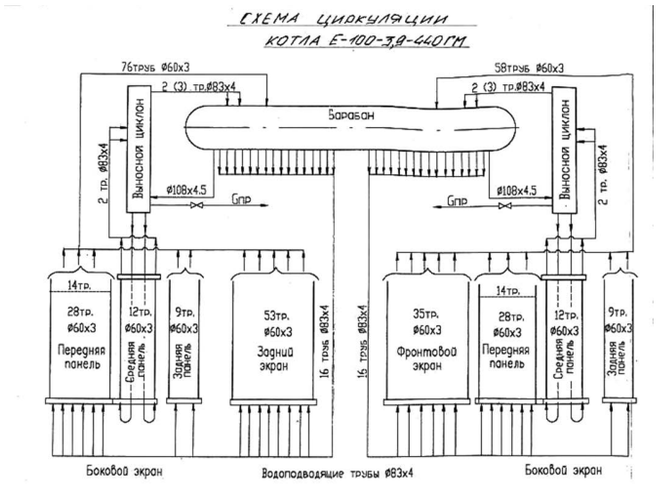



*Рис. 8. Схема циркуляции котла Е-100-3,9-440 ГМ*

**3. Доставка и подключение оборудования**

В связи с отсутствием схем химической промывки, на большом количестве ТЭЦ, ООО «Инновации и Сервис» использует мобильные установки для химической промывки энергетических котлов.

Под мобильностью подразумеваются такие параметры и комплектация оборудования, которые могли бы перевозиться на автомашинах небольшой массы и при этом оперативно подключаться в точках размещения.

В зависимости от мощности котла, используются нержавеющие химические насосы, производительностью до 540 м$^3$/ч. Производительность насосов, как правило, ограничена диаметром продувочных трубопроводов котлов.

В качестве расширительного бака используются емкости до 10 м$^3$. Перевозка емкостей большего объема затруднительна. Кроме того, этого не требуется, поскольку назначение емкости – засыпка и перемешивание реагента Кратол К.

Промывочный насос и емкость подключаются к котлу посредством кислото-щелочестойких рукавов необходимого диаметра.

Как уже сообщалось выше, подача от промывочного насоса производится через дренажный коллектор. Из верхнего барабана промывочный раствор, по аварийному сливу, возвращается в расширительный бак.

**4. Предварительная водная промывка котла**

Данный этап предназначен для предварительного удаления из водяного тракта котла взвешенных частиц и легко смываемых загрязнений. За счет этого возможно, в некоторой степени, снизить расход химического реагента Кратол К. Водная промывка может производиться как умягченной водой, «на сброс», до светлой воды, так и при циркуляции промывочного раствора, на сброс, при одновре-

*Рис. 9. Химический насос*

менном заполнении промежуточного бака доступной водой из наличия. Длительность этапа – 6-8 часов.

**5. Предварительное щелочение котла**

Отложения и накипь, образующиеся в энергетических котлах при температуре 500°С и давлении 40 Атм, крайне прочны и жестко сцеплены с поверхностью нагрева. Кроме того, как уже говорилось выше, отложения содержат в себе более 70% оксидов железа.

Для размягчения отложений и увеличения удельной площади их поверхности применяется предварительное щелочение котла. Процедура проводится при циркуляции промывочного раствора в контуре. Температура щелочения – 92-98°С. Время щелочения – 8-10 часов. После щелочения проводится водная отмывка котла в течение 6-8 часов.

**6. Химическая промывка котла**

Химическая промывка экранных труб выполняется реагентом Кратол К, разработанным по заказу ООО «Инновации и Сервис». При создании реагента сформулировали несколько ключевых требований, важных с точки зрения сервисной организации:

- Растворяющая способность реагента;
- Безопасность реагента для металла промываемого котла;
- Агрегатное состояние реагента;
- Класс опасности;
- Занимаемый объем;

*Рис. 10. Промежуточный бак*

- Фасовка;
- Условия хранения;
- Экономика применения.

Полученный реагент состоит из оптимизированной смеси кислот, ПАВов, ингибиторов коррозии, усилителей моющего действия. Реагент поставляется в сыпучем виде. Фасовка реагента – мешки 40 кг или МКР 800 кг.

Химическая промывка экранных труб производится раствором реагента Кратол К, при циркуляции. Температура промывочного раствора составляет 50-70°С. Перед промывкой производится заполнение котла водой с требуемой температурой. Запускается промывочная установка и проверяется герметичность контура. При циркуляции производится постепенная загрузка и перемешивание реагента Кратол К.

Химическая промывка экранных труб производится в течение 72-120 часов, в зависимости от удельной загрязненности поверхностей нагрева. Во время работ контролируются кислотность промывочного раствора, температура, содержание общего железа, TDS.

**7. Нейтрализация и утилизация промывочного раствора**

Нейтрализация промывочного раствора производится, когда показатель pH становится не менее 3-4 единиц. В качестве основного реагента для нейтрализации кислотных растворов выбирают каустическую (NaOH) или кальцинированную ($Na_2CO_3$) соду. Нейтрализация промывочного раствора производится порциями, в расширительном баке. После этого нейтрализованный раствор откачивается через систему ГЗУ котельного цеха или канализацию.

**8. Вторая водная промывка котла**

После нейтрализации и утилизации промывочного раствора в промежуточном баке, производится водная промывка котла для нейтрализации остатков промывочного раствора с внутренних поверхностей нагрева. Для этого используется слабощелочной раствор кальцинированной соды. Длительность этапа – 6-8 часов.

**9. Выемка шлама**

Нерастворимый осадок оксидов железа, меди и силикатов, образовавшийся в процессе химической промывки котла, накапливается в нижних коллекторах. По окончании второй водной промывки вскрываются барабан котла и нижние коллектора. Шлам извлекается вручную и с использованием установки высокого давления с параметрами не менее 280 бар.

**10. Окончательная водная промывка котла**

Окончательная водная промывка проводится силами заказчика путем наполнения, разогрева котла до температуры парообразования и дренирования. В зависимости от степени исходного загрязнения поверхностей нагрева котла может потребовать от 3 до 8 циклов.

**Заключение**

В настоящей статье сформулирована проблема необходимости очистки экранных поверхностей нагрева паровых энергетических котлов барабанного типа от накипи. Описаны существующие методы очистки котлов, обоснована целесообразность разработки новых подходов к очистке. Предложен апробированный метод химической очистки экранных труб энергетических котлов от накипи с использованием реагента нового поколения Кратол К.