

**Рисунок 2.** Ремонт жаротрубного котла в характерном месте повреждения (течи).

Однако именно для жаротрубных котлов критичен даже небольшой слой накипи.

В дымогарных трубах жаротрубных котлов проходят газы с температурой свыше 1000 °С. Это тепло интенсивно отдаётся воде – теплоносителю, который находится в межтрубном пространстве. В результате в трубах возникают огромные термические напряжения, поэтому прорыв даже одной трубки жаротрубного котла очень часто приводит к взрыву.

В жаротрубных котлах наиболее слабым звеном являются места приварки дымогарных труб к трубной доске. Это происходит потому, что диаметр отверстий в трубной доске чуть больше наружного диаметра дымогарных труб. В этих отверстиях образовывается накипь, которая вызывает локальные перегревы в местах сварки, повреждая их (рис. 2).

### **Традиционные методы очистки жаротрубных котлов**

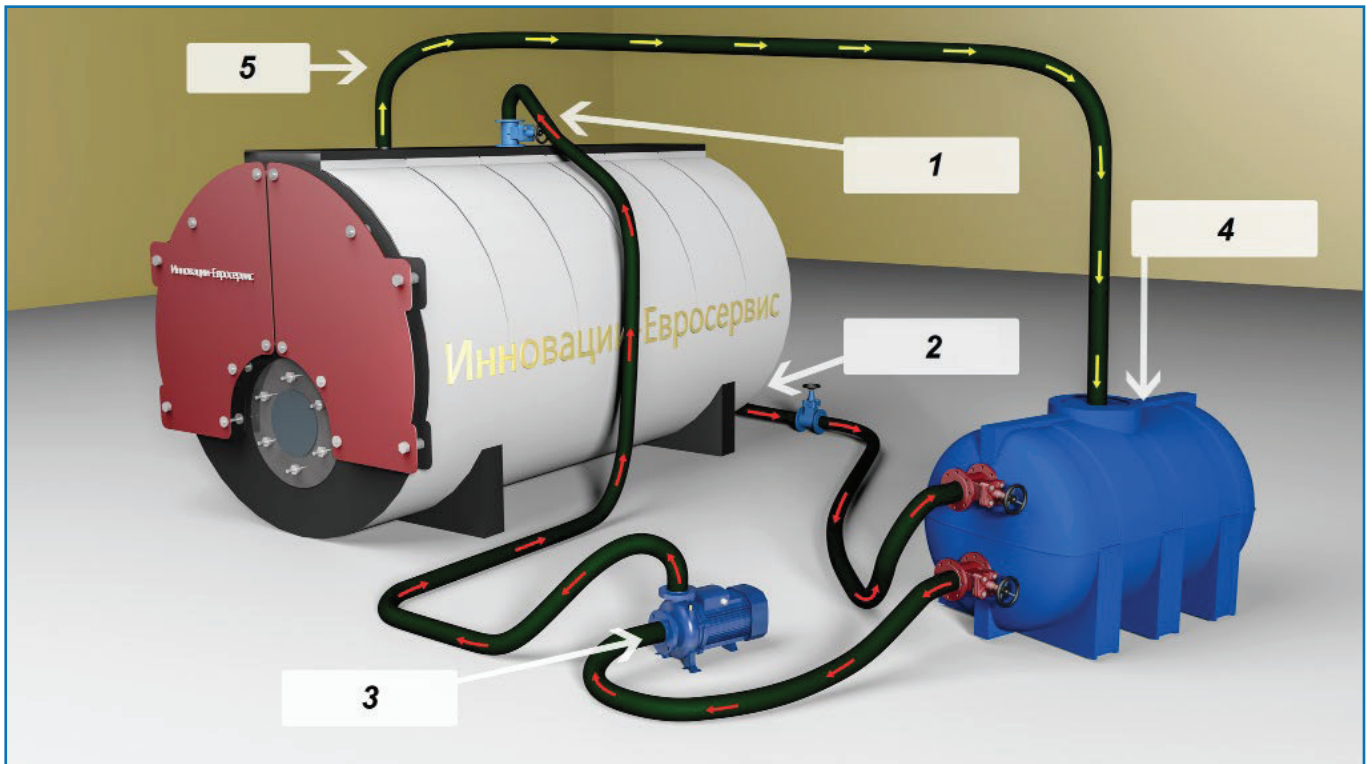
К традиционному методу очистки любого котла относится химическая промывка. Жаротрубные котлы промываются кислотными или щелочными (в зависимости от толщины и химического состава накипи) составами. Принципиальная схема промывки жаротрубного котла проста: через котёл прокачивается химический реагент. Промывочная схема состоит из химического насоса, расширительного бака, напорно-всасывающих рукавов (рис. 3).

### **Основные недостатки традиционной химической промывки жаротрубных котлов**

#### **1. Невозможность создать полноценный гидродинамический поток.**

Большинство жаротрубных котлов имеют патрубки для подключения только в цент-





**Рисунок 3.** Принципиальная схема химической промывки жаротрубного котла: 1 – верхняя точка котла; 2 – нижняя точка котла; 3 – напорный насос; 4 – расширительный бак; 5 – газоотвод.

ральной части котла или ближе к тылу (сторона, противоположная горелке). Забрать промывочную жидкость можно только с одной точки – дренажного патрубка, который также находится в тыловой части котла, снизу. Получается, что при такой схеме подключения практически не омывается фронтальная трубная доска со стороны горелки.

Для понятия о гидродинамике внутри жаротрубного котла мы создали лабораторный стенд, где провели эксперименты и выяснили характеристики насосов, а также точки подключения промывочного оборудования (рис. 4).

Всего было проведено более 100 опытов. Не углубляясь в детали экспериментов, приведём лишь некоторые выводы.

- Оптимальной считается подключение промывочной установки к верхней части фронтальной трубной доски и к дренажу.

- В процессе промывки желательно использовать реверсный узел и менять направление потока.

- Насколько это возможно, необходимо создавать поток с характеристиками течения, близкими к турбулентному.

- Химический насос должен иметь как можно более высокие напорные характеристики.

Именно такие характеристики процесса позволят создать в промываемом котле рабочую гидродинамическую среду, ускоряющую процесс очистки и повышающую его качество.

### **2. Наличие нерастворимого осадка в нижней части котла.**

Зачастую, даже при наличии системы ХВО, за 5-7 лет работы котла без химической промывки на дне котла образуется нерастворимый осадок. В практике бывало, что толщина этого осадка превышала 10-15 см и более, так что нижние дымогарные трубы были полностью «зацементированы» этими отложениями. Неудивительно, что на таких котлах лопались трубные доски в нижней части котла или они текли в местах приварки дымогарных труб (рис. 5).

Следует отметить, что этот осадок не размывается при химической промывке полностью. Для эффективного растворения накипи нужно, чтобы промывочная жидкость циркулировала с заданными параметрами.

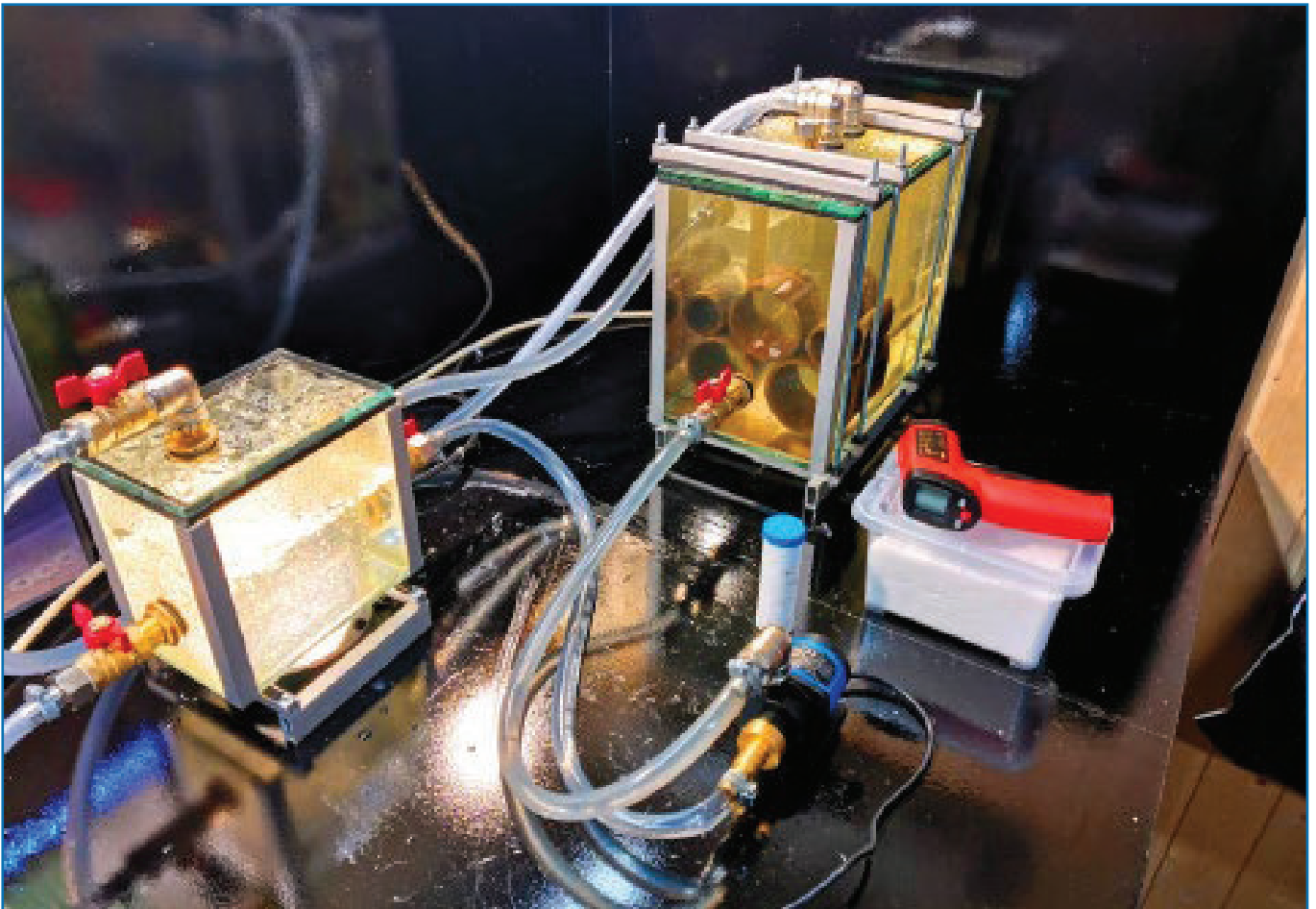


Рисунок 4. Лабораторный стенд для моделирования гидротоков.

А в таких случаях справедливо правило: «нет циркуляции – нет эффекта». Здесь необходимо отметить, что это относится к химической промывке в целом.

### 3. Выбор промывочного реагента.

Ещё одной проблемой при химической промывке жаротрубных котлов является выбор промывочного реагента.

В этом случае к реагенту предъявляются два, в некоторой степени, противоречивых требования. С одной стороны, необходимо, чтобы реагент обладал хорошей растворяющей способностью. Причём это относится как к солям жесткости (Ca, Mg), так и к оксидам железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). С другой стороны, необходимо, чтобы реагент обладал минимальной коррозионной активностью. Лучшие отечественные и зарубежные реагенты обладают скоростью коррозии на Ст3 в пределах  $0,1 \text{ г} \cdot \text{м}^2/\text{ч}$ .

Минимальная агрессивность реагента важна, т.к. химическая промывка котла может продолжаться более 24 ч.

### Идеальная схема промывки жаротрубного котла

С учётом вышеизложенного, «идеальная» схема промывки котла представляется так:

1. Промывка ведётся с реверсным узлом, с двух сторон, по диагонали. Первый цикл – от горелки (сверху) к тылу и от тыла к горелке. Второй цикл – от тыла сверху к горелке (снизу) и наоборот. Реверсный узел позволяет переключать направление потока и подавать реагент через нижнюю точку (например, дренаж), что улучшает размывание отложений в нижней части котла;

2. Работа химического насоса осуществляется в автоматическом режиме: регулируется автоматикой и задаётся специальной программой. Программа плавно изменяет напор насоса, что позволяет менять направление течения жидкости и эффективнее омывать различные участки внутри котла;

3. При выборе промывочного реагента предпочтение следует отдавать комплекс-





Рисунок 5. Нижние дымогарные трубы котла в накипи.

ным препаратам с наименьшей скоростью коррозии, что сделает промывку безопасной для котла;

4. После химической промывки обязательно следует проводить дренирование нерастворимого осадка из нижней части котла.

#### **Предложения производителям котельного оборудования**

1. Предусмотреть в конструкции жаротрубного котла два патрубка с глухими фланцами на трубной доске (вверху и внизу), со стороны горелки. Это позволит оперативно подключать промывочную установку, а самое главное – создаст эффективные гидродинамические потоки.

2. Изменить расположения дренажного трубопровода. Классический способ, когда дренажный трубопровод вертикально присоединён в нижней точке котла, представляется не совсем удобным. Нерастворимый осадок вполне может забить этот трубопровод. Кроме того, дренировать удобнее, когда трубопровод расположен в горизонтальной плоскости, в районе самой нижней точки водяного барабана котла.

3. На котлах с водяным объемом свыше 10 м<sup>3</sup> диаметр дренажного трубопровода

представляется слишком маленьким – как правило, Ду 40. Для напорных насосов, наоборот, скорее в точке подачи должен быть диаметр трубы Ду 50, а на выходе из котла, например, Ду65.

Эти простые, не затратные для производителей котлов и потребителей, дополнения существенно упростят процесс промывки жаротрубных котлов и повысят его качество.

#### **Заключение**

В статье рассмотрены некоторые особенности очистки промышленных жаротрубных котлов от накипи. Изложены и оценены основные аспекты процесса химической промывки, приведены данные лабораторных исследований, описан практический опыт. Сформулированы тезисы касательно о том, как бы мог выглядеть идеальный процесс очистки жаротрубных котлов. Даны предложения производителям котельного оборудования.

#### **Литература**

1. Колесников Ю.Ф. Паровой котел: теория, правила эксплуатации, конструкция и типы, применение // Электронный ресурс. URL: <https://clubpechnikov.ru/parovoj-kotel/>.

