



Акустический способ удаления отложений

История

Проблема зарастания котлов и теплообменников химическим отложениями неорганического и органического происхождения является одной из наиболее острых в теплоэнергетике. Насколько велика эта проблема, говорит даже термин "борьба с накипью", которым обозначают те действия, которые позволяют очистить теплоагрегат и, что самое главное, предотвратить образование отложений на стенках труб теплообменников и тепловых котлах.

Еще в конце сороковых годов было экспериментально установлено, что приложение акустических колебаний к стенке теплообменника приводит к предотвращению образования накипи.

Первые результаты вдохновили ученых и инженеров, и одновременно в нескольких странах появились работы, в которых сообщалось, что проблема борьбы с накипью решена. Однако, не все так просто: не всегда удавалось предотвратить отложения; почему-то, в некоторых случаях, вместо очистки следовало бурное зарастание труб накипью; на одних аппаратах получалась очистка, а на других, похожих, нет, хотя и конструкция и вода примерно одинаковы.

Постепенно интерес к акустическому способу несколько поутих - практики теплоэнергетики не могли надеяться "на авось", им нужны были достоверные результаты, а не отрывочные материалы.

В середине 60-х годов прошлого века в "Акустическом институте имени академика Н.Н.Андреева" по инициативе профессора **Л.Д.Розенберга** (одного из крупнейших ученых-акустиков нашей страны, возглавлявшего направление ультразвуковой техники, под руководством которого были разработаны практически все современные ультразвуковые технологии) было принято решение о проведении научно-исследовательских работ в области "борьбы с накипью". Работа была успешно проведена и по результатам этой работы была открыта тема по углубленному изучению процесса образования накипи и разработке способа и устройства для борьбы с накипью.

Группа сотрудников "Акустического института" под руководством Фомина В.И. в течение ряда лет проводила исследования, включающие в себя рассмотрение всех аспектов, которые влияли на процесс образования накипи в теплоагрегатах и способах ее очистки.

Были рассмотрены такие вопросы как влияние химического состава воды, акустические характеристики труб и других узлов теплоагрегатов. Теоретически и экспериментально определена амплитуда и форма акустического сигнала, а также требуемое количество излучателей на один теплообменник. Теперь уже стало понятно, почему во многих случаях не получалось использование акустического способа для предотвращения образования накипи. В 1969 году появилась на свет первая "Инструкция по установке акустических противонакипных устройств на теплообменники".

Следует сказать, что к этой работе были привлечены специализированные организации, в частности, завод "Котлоочистка".

По результатам проведенных работ было получено четыре Авторских свидетельства СССР (1022748, 1058408, 1075508, 1189136, 1205383), относящихся непосредственно к очистке и еще четыре АС СССР на отдельные узлы и элементы устройства. В 1983 году получен Патент Великобритании (2109656) и Патент США (4545042).

Наконец, в 1981 году Министерством энергетики и электрификации СССР был подписан акт приемочных испытаний ультразвукового аппарата "Акустик" (так создатели назвали свое устройство) и было рекомендовано наладить промышленное производство этих аппаратов на Чебоксарском заводе "Электрозапчасть". В 1983 году на данном заводе было налажено серийное производство аппаратов "Акустик", и уже концу 1985 года этим заводом было выпущено их около 2000 штук.

Годовой экономический эффект от использования одного устройства "Акустик" составил около 30 тысяч рублей (советских) в год за счет увеличения периода между профилактическими чистками и экономии топлива. Разработчики устройства были представлены к званию "Лауреат Государственной премии СССР", получили Золотые Медали ВДНХ (1983 год) и премии Министерства Судостроения СССР.

В 1992 году специалисты, созданной на базе "Акустического института" фирмы "Инвак", коренным образом усовершенствовали аппарат "Акустик", существенно повысив, как рабочие, так и эксплуатационные характеристики прототипа.

Новое устройство назвали "**ЭКОАКУСТИК**".

Основные отличительные особенности нового аппарата заключаются в следующем:

- в качестве материала для излучателей использован магнитострикционный материал "пермендюр", обладающий значительно более высоким к.п.д. преобразования электрических колебаний в механический и более высокой допустимой температурой работы преобразователя;
- для изготовления преобразователей разработан новый способ отжига пластин из пермендюра, значительно улучшивший качество материала;
- схема формирования сигнала сделана таким образом, что согласование излучателя с корпусом (или отдельными частями теплоагрегата) происходит автоматически и

практически не требует настройки. Это позволило уменьшить потребляемую электрическую мощность при более полном ее использовании.

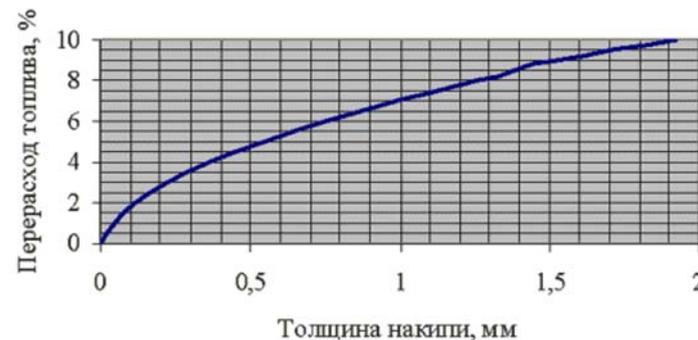
- применен новый способ возбуждения колебаний в стенках труб, названный "двухчастотным". Его достоинства состоят в том, что уменьшается влияние резонансов труб, и очистка происходит более полная без образования "резонансных колец" из накипи на внутренней стороне труб.

Сравнительные испытания нового аппарата показали значительное преимущество перед всеми существующими в настоящее время ультразвуковыми антинакипными устройствами.

Почему акустический способ, в чем его преимущество.

Твердые отложения (накипь) на стенках трубок теплообменного оборудования являются результатом кристаллизации растворенных в подогреваемой воде солей, в основном солей жесткости. Встречаются и другие соли, а также вещества органического происхождения, особенно когда подогреваемая вода берется из открытых водоемов. Все эти отложения существенно снижают теплопередачу стенок теплообменных поверхностей (трубок, пластин) теплообменных аппаратов и, следовательно, температуру воды на выходе. При толщине слоя накипи 0,1-0,2 мм уже заметно снижается теплопередача через стенки трубок, покрытых накипью и, следовательно, температура на границах внутренних поверхностей трубок возрастает, т.е., снижается тепловая энергия, передаваемая подогреваемой воде и, следовательно, количество выработанного тепла. Для поддержания заданной температуры на выходе котла приходится сжигать больше топлива. При этом повышается температура наружных стенок трубок котла, что приводит к преждевременному выходу их из строя. На рис. 1 приведена зависимость, в процентах от нормы, перерасхода (пережога) топлива от толщины слоя накипи.

Зависимость перерасхода топлива от толщины слоя накипи



Из графика рис. 1 видно, что даже толщина слоя накипи 0,1 - 0,2 мм повышает расход топлива соответственно на 1,5 - 3%, а при толщине накипи 1 мм до 7%.

Существуют следующие традиционные широко распространенные способы борьбы с накипными отложениями:

- **Химическая подготовка подогреваемой воды** (химическая водообработка - ХВО), заключающаяся в преобразовании солей жесткости в соли, растворимые при любой температуре воды.

Этот способ требует специального оборудования для химической водообработки часто по стоимости сравнимого со стоимостью самого теплообменного агрегата, а также химических реагентов для периодической заправки этого оборудования и дополнительных затрат на утилизацию отработанных реагентов.

- **Использование комплексонов**, добавляемых в воду и связывающих молекулы солей жесткости, что препятствует их кристаллизации.

Этот способ требует меньших затрат на оборудование, но также требует регулярной заправки специальными химическими реагентами и точной дозировки их в соответствии с солевым составом воды. Кроме того, данный способ ограничен температурами, при которых могут быть использованы комплексоны.

- **Использование кислотосодержащих растворителей для очистки теплообменных поверхностей от накипи химическим путем.**

Этот способ требует остановки теплообменного аппарата, его охлаждения, слива воды и заливки его специальным экологически опасным кислотосодержащим раствором, который в течение некоторого времени разъедает накипь, после чего раствор сливают, агрегат промывают водой, которую вместе с отработанным раствором утилизируют.

- **Очистка теплообменных поверхностей от накипи механическим путем.**

Этот способ также требует остановки теплообменного аппарата, его охлаждения, слива воды и частичной разборки.

Наряду с описанными выше широко распространенными традиционными способами развивались и безреагентные способы противонакипной обработки воды - магнитная обработка и акустическая (ультразвуковая).

- **Способ магнитной обработки** заключается в воздействии на входящую в теплообменный аппарат воду магнитным полем.

Недостатком данного способа является то, что эффективность его существенно зависит от скорости воды в трубопроводе и от ее солевого состава.

По сравнению с выше упомянутыми, акустический способ предотвращения образования накипи имеет следующие достоинства:

- как безреагентный способ не требует введения в воду каких-либо дополнительных веществ,
- не требует разборки теплообменного агрегата,
- экономичен - не требует больших энергозатрат.
- в отличие от магнитного способа, не зависит от скорости воды в трубопроводе и не чувствителен к солевому составу воды.

Физическая сущность акустического способа удаления отложений

Этот способ основан на возбуждении в воде, заполняющей теплоагрегат, и в его металлоконструкции акустических (ультразвуковых) колебаний. Под действием колебаний и начинается кристаллизация солей в самой толще воды, на некотором расстоянии от стенок труб, которые тоже колеблются с той же частотой. Кристаллы солей, которые осели на стенках (и образовали тонкий слой накипи), под действием изгибных колебаний стенки также изгибаются с той же вынужденной частотой. При этом при толщине слоя накипи, примерно 0,1 - 0,2 мм, возникающие в нем механические напряжения, приводят к нарушению сплошности слоя накипи. Появляются трещины, в которые попадает горячая вода и увеличивает ширину трещины. В результате, накипь откалывается в виде чешуек, которые уносятся потоком воды. Далее на чистом месте снова начинает откладываться слой накипи и снова откалывается.

Таким образом, устанавливается динамическое равновесие, при котором слой накипи, начиная с толщин 0,1 - 0,2 мм, откалывается, отдавая воде запасенное в нем тепло. Для вывода образовавшегося взвешенного в воде шлама необходимы регулярные продувки через дренажные отверстия в нижней части агрегата, а в случаях, когда это по каким-либо причинам невозможно, необходимо установить на выходе шламоуловителя (грязевика) и обеспечить его регулярную очистку.

Кадры скоростной киносъемки процесса отделения накипи от стенки теплообменника.



1. Под действием ультразвука начинается кристаллизация накипи на стенке



2. Происходит быстрый рост накипи.



3. В слое накипи образуются пустоты и трещины.



4. Под действием механических напряжений часть слоя накипи скалывается и отделяется от стенки

Положительный эффект

Применение акустического способа удаления отложений позволяет одновременно достичь следующих целей:

- сохранения проектной величины количества вырабатываемого тепла теплообменными аппаратами в течение всего срока их эксплуатации и экономии топлива, за счет исключения отложений на теплообменных поверхностях;
- экономии средств на ремонт за счет исключения чисток или увеличения срока между плановыми чистками от накипи теплообменных аппаратов;
- экономии средств за счет уменьшения расходов на химреактивы для фильтров химической подготовки воды, их доставку и утилизацию после отработки;
- обеспечения экологической безопасности за счет исключения операции химической очистки от накипи с использованием вредных веществ и их последующей утилизации.
- обеспечения безаварийной эксплуатации теплообменного оборудования.

На основе рассмотренной технологии разработано акустическое устройство по удалению химических отложений "**ЭКОАКУСТИК**".

Контактная информация:

тел./факс: (499) 723-6810, факс: 126-8411, e-mail: fomin@akin.ru,
начальник центра технического маркетинга *Фомин Василий Викторович*.