

**«Очистка технологических трубопроводов
и трубных теплообменников
атомных реакторов от солевых отложений
и радиоактивных загрязнений
посредством импульсного акустического
воздействия.»**

- ▶ Докладчик: Миронов Александр Леонардович
 - ▶ Директор ООО «Промакустика»,
 - ▶ г. Екатеринбург



Содержание доклада

- ▶ Введение.
- ▶ Антинакипные ультразвуковые устройства.
- ▶ Ультразвуковая очистка труб от радиоактивных загрязнений.



Введение.

▶ Историческая справка.

- ▶ Развитие импульсных ультразвуковых и акустических технологий для очистки от загрязнений и накипи теплообменного оборудования и магистральных трубопроводов началось в 60-е прошлого столетия, как побочный продукт подводной акустики. Однако, прямой перенос технологии производства импульсных пьезоэлектрических и магнитострикционных излучателей и генераторов возбуждения, используемых в подводной акустических комплексах, для создания оборудования для очистки технологического оборудования оказался очень затратным. Оборудование было очень дорогим для гражданского применения, а внесённые в оборудование изменения для его удешевления свели на нет эффективность антинакипного оборудования. Главной причиной малой эффективности антинакипных устройств стало отсутствие доступной и дешёвой элементной базы для импульсных генераторов возбуждения

▶ Направления развития импульсных ультразвуковых технологий.

- ▶ Основное развитие получили пьезоэлектрические преобразователи из-за технологической простоты изготовления, сборки и монтажа. Магнитострикционные материалы пермедюр и никель требуют при производстве ультразвуковых излучателей значительно больших затрат.
- ▶ Оборудование, разрабатываемое и предлагаемое нашими специалистами, основано на использовании магнитострикционных преобразователей. Магнитострикционные материалы на основе сплавов никеля и кобальта, используемые при построении акустических преобразователей, обладают несомненными преимуществами по сравнению с пьезоэлектрическими керамиками.
- ▶ К достоинствам магнитострикционных материалов необходимо отнести значительные механические нагрузки (удары, динамические, воздействие радиации и статические нагрузки), которые магнито-стрикционные преобразователи способны выдерживать без изменения рабочих акустических и электрических характеристик, а пьезоэлектрические преобразователи разрушаются, растрескиваются, не выдерживая ударов и радиационного воздействия. Это особенно важно при проектировании мощной технологической акустической аппаратуры.

Таблица сравнения предельных эксплуатационных характеристик магнитострикционных и пьезоэлектрических материалов.

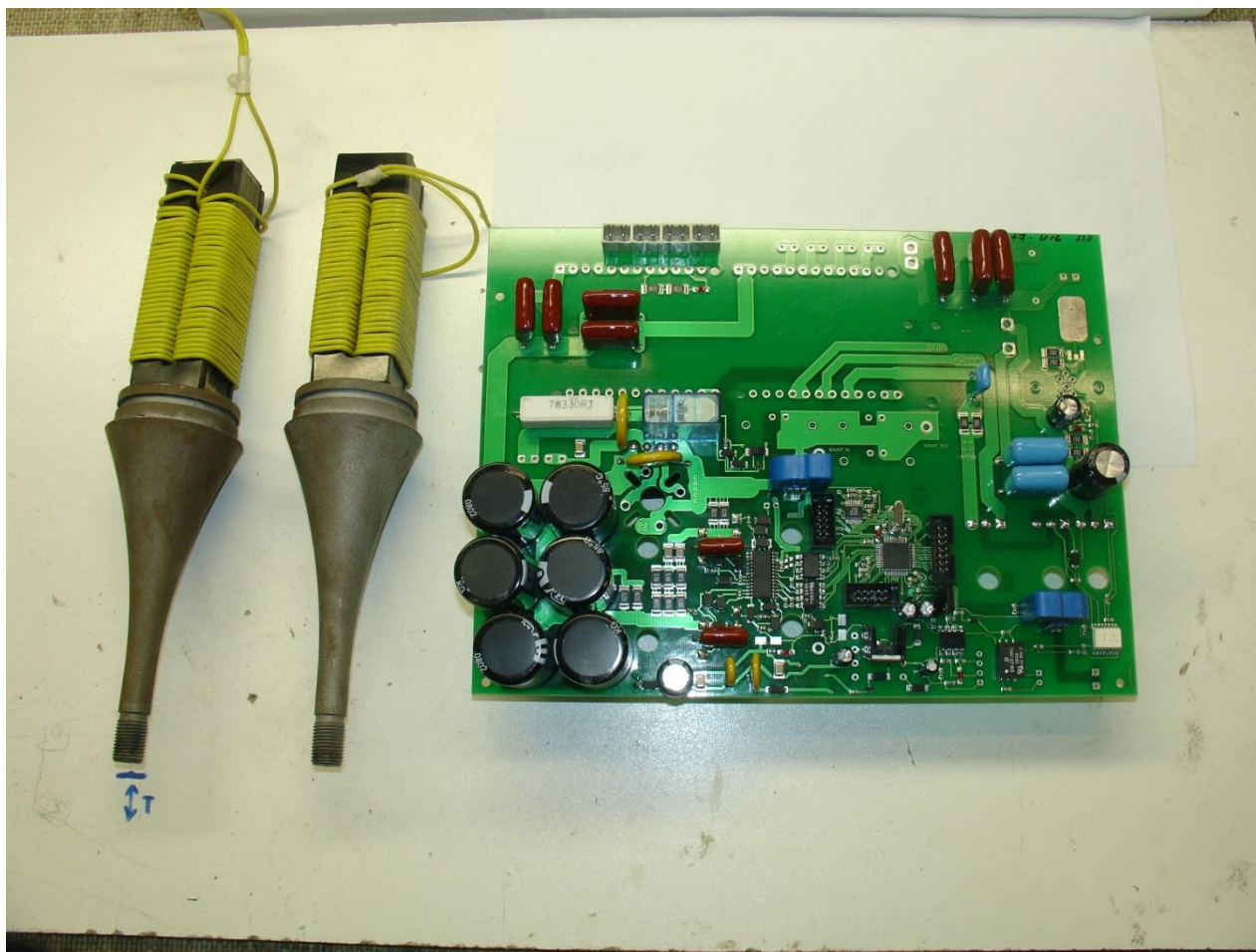
Предельные эксплуатационные характеристики	Преобразователи на основе магнитострикционных материалов.	Преобразователи на основе пьезоэлектрических материалов.
Удельная акустическая мощность излучающей поверхности. Вт/см ² .	90 - 110	10 - 12
Температуры Кюри (потеря магнитострикционных свойств). °С	980	330
Максимальные рабочие температуры для преобразователя во внешней среде. °С.	-80 - +130	- 15 - не более +80
Модуль упругости. кГс/см ²	2,18 10 ⁶	4,4 10 ²
Максимальное рабочее давление для преобразователя во внешней среде. Атм.	250	35
Максимальная глубина погружения, глубина скважин. М.	5.500	3.000
Максимальная влажность, %	100	Не более 90 при +25°С
Максимальный рабочий ресурс при соблюдении условий эксплуатации, мес.	До 72 (6 лет)	Не более 6 - 8

Антинакипные ультразвуковые устройства

- ▶ Излучатели.
- ▶ Генераторы.
- ▶ Варианты размещения АНУ на конкретных котлах.



Излучатели.



На фото слева направо показаны: импульсный излучатель АИФП 0,7-22 с естественным воздушным охлаждением (устанавливается на поверхность коллекторов теплообменного оборудования котлов, нагретых до температуры – 130⁰С). импульсный излучатель АИКаП 0,7-22 с принудительным воздушным охлаждением (устанавливается на поверхность элементов теплообменного оборудования котлов, нагретых до температуры – 480⁰С).



Добровольная
РС
сертификация

Срок действия с 12.07.2010 по 11.07.2011
№ 0175501

34 4410

код ТН ВЭД России:

Подпись

А.В. Токунов

Вклад изготовлен ЗАО "ОГЭПРОН" (свидетельство № 05-05-05-003 ФНС РФ (1034444-01) тел. (495) 548-5058, 508-7517, г. Москва, 2009

Генераторы.



-
- ▶ Антинакипные акустические устройства фактически являются и относятся к:
 - ▶ «энергосберегающим технологическим оборудованием контроля параметров теплопередачи и теплообмена и поддержания КПД теплообменного оборудования на основе
 - ▶ ТУ 3444-001-20620785-2013 и ТУ 3415-002-20620785-2013».
 - ▶ На фото показаны: три полупроводниковых преобразователя частоты (генератора возбуждения) ППЧИ 0,20-20, ППЧИ 0,35-20 и ППЧИ 0,70-20.
-

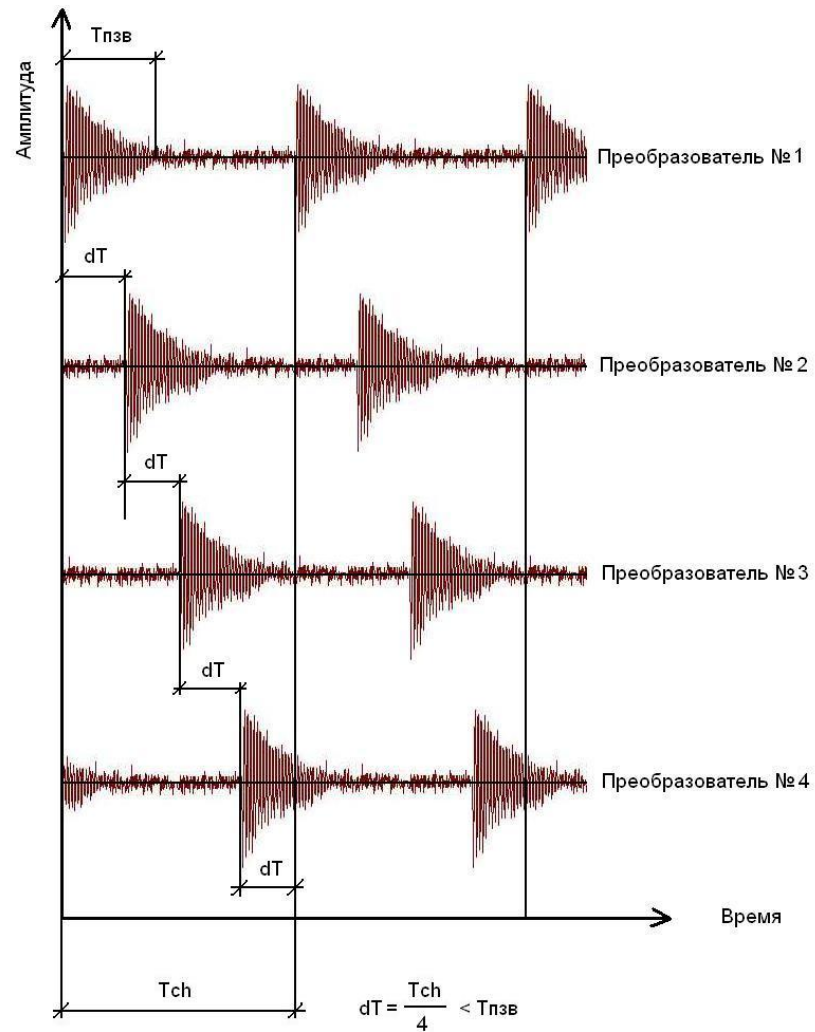


Импульсные генераторы



- ▶ Использование в преобразователе промежуточной частоты (генераторе) ноу-хау нашего предприятия - новой методики возбуждения магнитострикционных преобразователей, позволяет нам использовать наше акустическое оборудование для эффективной очистки теплообменного оборудования паровых и водогрейных котлов, теплообменников ГВС, опреснителей, фронтальных и сводовых тепловых экранов высокотемпературных печей и крышек индукционных печей от старой накипи и поддержания безнакипного режима работы этого оборудования, а так же для очистки емкостей хранения, трубопроводов транспорта мазута, масла, нефтепродуктов и т.п. от битумных и парафиновых отложений.

Связь фаз импульсов УЗ преобразователей с временем
послезвучания ($T_{пзв}$) объекта от воздействия одного пакета импульсов



Варианты размещения АНУ на конкретных котлах.

- Водогрейный котёл производства Россия. Марка котла «ПТВМ 50», номер 3, регистрационный номер 26850. На трубах конвективного пучка накипь толщиной до 5,5 мм. Место расположения: г.Нижний Новгород, ул. Ветеринарная, 5.
- ▶ Водогрейный котёл производства фирмы «DHAL» GmbH, Германия. Марка котла «NWK 4000», заводской номер 92009, выпуск 1999 года. На трубах конвективного пучка накипь толщиной до 5 мм. Место расположения: г.Бор, ул.Интернациональная 37А.
- Водогрейный котёл производства ОАО «Дорогобужкотло-маш». Марки котлов «Ква-2,5Г-ЭЭ», инв. номера 41482, 41484, 41485, заводские номера 11,12,13, выпуск 1998 года. На трубах конвективных пучков накипь толщиной до 6,5 мм. Место расположения: г.Нижний Новгород, ул.Горького, 65 Д.



Нижний Новгород. ПТВМ50 и ПТВМ100.







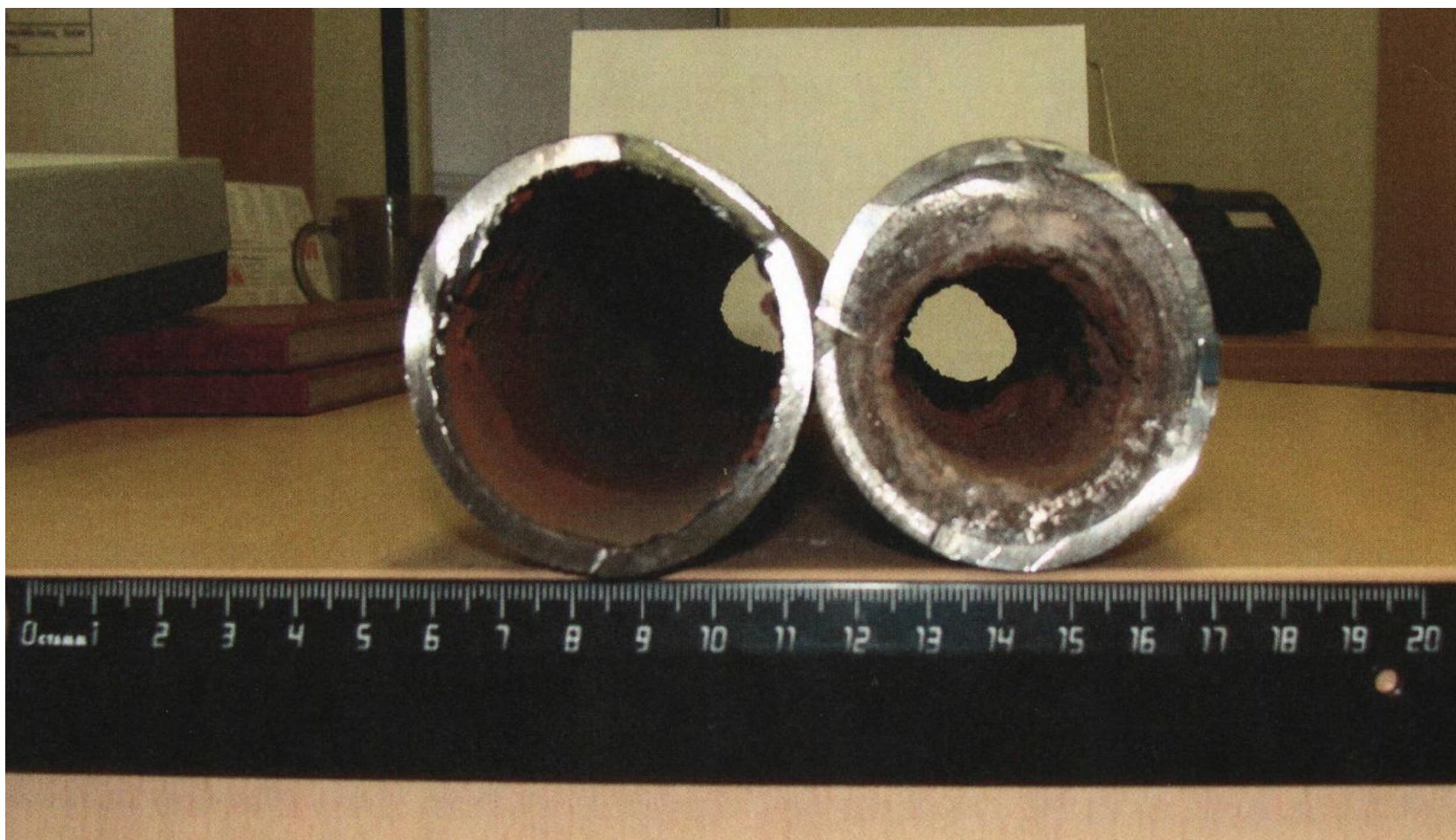












На снимке слева: табличка с логотипом завода-изготовителя, марка котла, его технические характеристики и год выпуска.

На снимке справа: вид демонтированного котла со стороны топки. На заднем плане здание модульной котельной.



На снимках показан вид котла с вырезанной частью обшивки над и под трубами конвективного пучка. Очистка труб производится механическим способом – удаление накипи фрезой диаметром 51 мм. без смазки. Очистка занимает по времени 30 – 35 рабочих дней. Затем вырезанные части обшивки привариваются и котёл заново монтируют на рабочее место.



На фотографиях, сделанных через смотровой люк котла над трубами конвективного пучка, видно, что трубы в правой части снимков трубы очищены от накипи полностью (виден чёрный металл), а в левой части на трубах виден эффект действия стоячей волны – в максимумах амплитуды акустической волны накипь очищена полностью, в минимумах осталась без изменений. Снимки сделаны через 23 дня после начала акустической обработки. После перепрограммирование генератора на четырёхтактный режим работы и переустановки излучателей в зону труб конвективного пучка, котёл был очищен от накипи полностью в течение 20 дней.



Нижний Новгород. Ква-2,5Г-ЭЭ.





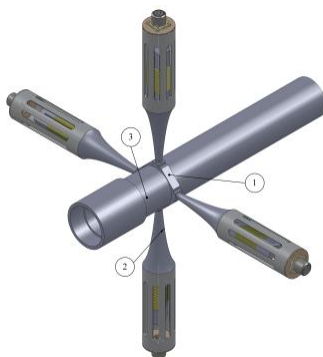






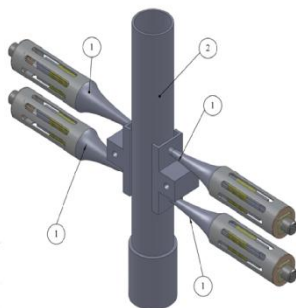
Возможные варианты использования импульсного акустического воздействия на загрязнённые внешней и внутреннюю поверхности труб.

- ▶ УЗ излучатели непрерывного действия.
- ▶ Традиционно для очистки поверхностей деталей применяются ультразвуковые излучатели непрерывного акустического воздействия. Применение излучателей непрерывного действия требует использования мощных преобразователей промежуточной частоты (ППЧ) или генераторов возбуждения и принудительного водяного охлаждения, что приводит к значительным энергетическим затратам.
- ▶ УЗ импульсные излучатели.
- ▶ Импульсные излучатели не требуют принудительного охлаждения и возбуждаются импульсными ППЧИ (генераторами) малой мощности.



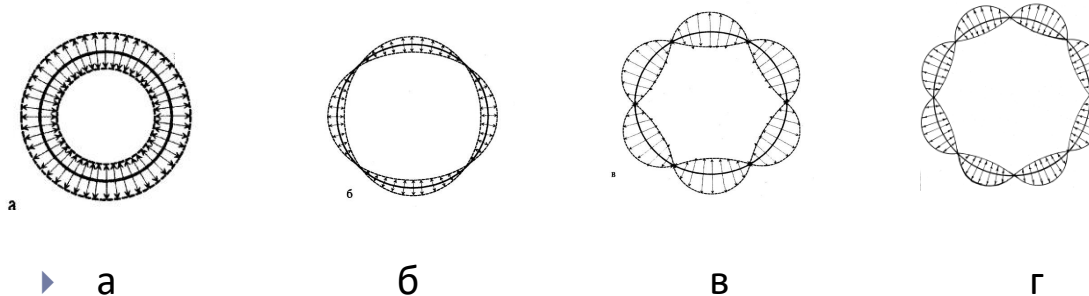
Слева: Расположение импульсных излучателей (2) на трубе (3) через хомут (1) под углом 90° , для очистки трубы в четырёхтактном режиме.

- ▶ Справа: Импульсные излучатели ($4 \times 90^{\circ}$) на трубе НКТ73 на станке раскручивания муфт СМД 6000.



- ▶ Слева: Расположение импульсных магнитострикционных излучателей (1) на очищаемой в режиме рециркуляции трубе (2) в двухтактном режиме.

- ▶ Справа: Импульсные излучатели ($2 \times 180^{\circ}$) на трубе НКТ73 на станке раскручивания муфт СМД 6000.



▶ Рис 3. Первые четыре резонансных моды колебаний трубы
 ▶ при возбуждении вынужденных колебаний.

- ▶ На рис. №3 показаны первые четыре резонансных моды колебаний цилиндра при радиальном точечном возбуждении внешней силой. Первая мода – действие силы направлено вдоль оси трубы, остальные моды возбуждаются при действии вынуждающей силы в разных точках перпендикулярно оси трубы