



ИркутскНИИхиммаш

ЭКСПРЕСС-ОБСЛЕДОВАНИЕ

ТРУБ И ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

2024 г.





Метод акустической импульсной рефлектометрии

Метод акустической импульсной рефлектометрии (АИР) относится к неразрушающим методам контроля и является экспрессным методом для оценки технического состояния трубопроводных систем.

Метод АИР позволяет проводить акустический контроль труб и трубопроводных систем с целью выявления дефектов и повреждений с определением расстояния до них:

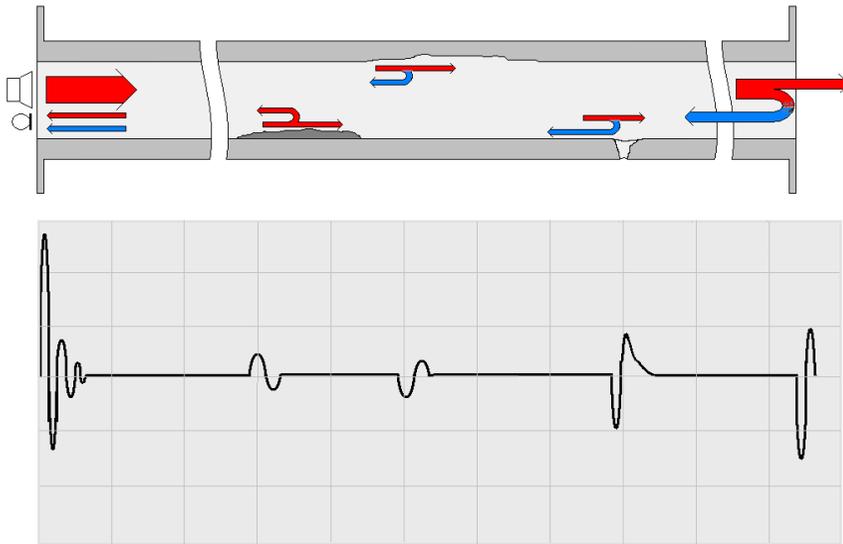
- коррозия внутренней стенки;
- сквозные отверстия, свищи;
- отложения на стенке, окалина;
- наличие посторонних предметов в просвете;
- блокировка просвета;
- деформация стенки, вмятины.

АИР также позволяет оценить степень (качество) прочистки трубы.

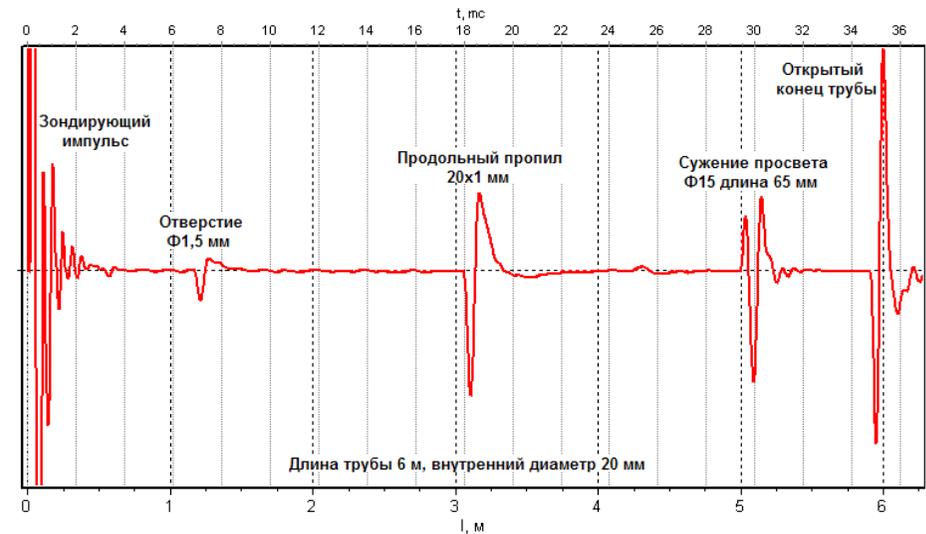
Для обследования достаточно доступа к трубе с одной стороны. Труба может иметь изгибы, наружный слой теплоизоляции или оребрение.

Принцип метода АИР заключается в измерении эхо-сигналов от дефектов просвета трубы.

Быстрота метода определяется, главным образом, временем двойного прохода звуковым импульсом трубы, и если все трубки в конструкции одинаковые, то не надо менять настройки, и производительность максимальна. Поэтому метод АИР позволяет за короткое время обследовать большое количество одинаковых трубок теплообменника.



Излучатель датчика посылает внутрь трубы звуковой импульс, а микрофон регистрирует все отраженные сигналы



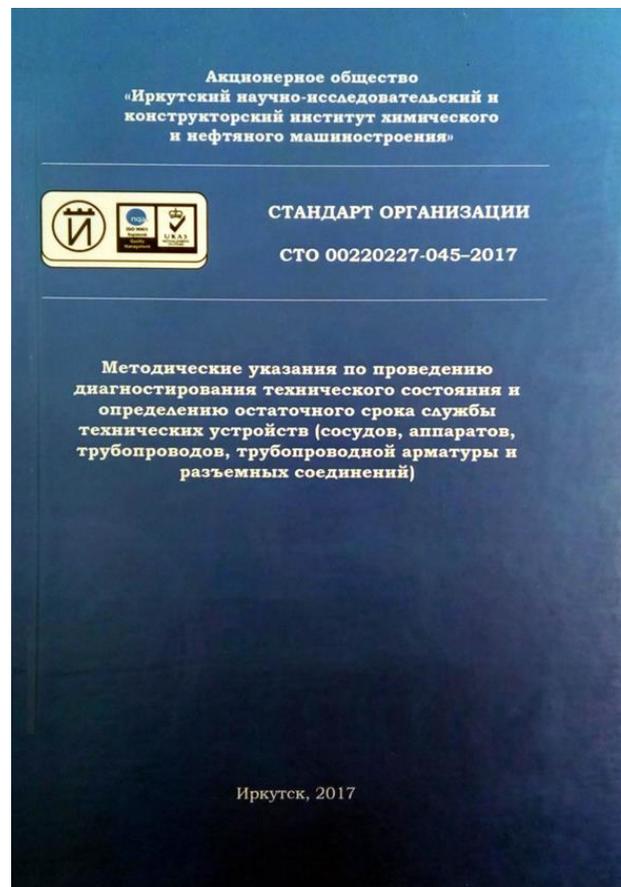
На эхограмме с экрана прибора показаны основные виды сигналов от дефектов сечения просвета

В организации «ИркутскНИИхиммаш» для обследования трубных конструкций методом АИР разработан аппаратно-программный комплекс - Прибор акустического контроля труб **ПАКТ-04**, который в последствии дополнился серией новых моделей



ПАКТ-04 включен в реестр средств измерений РФ и проходит ежегодную поверку

Применение метода АИР регламентируется СТАНДАРТАМИ ОРГАНИЗАЦИИ





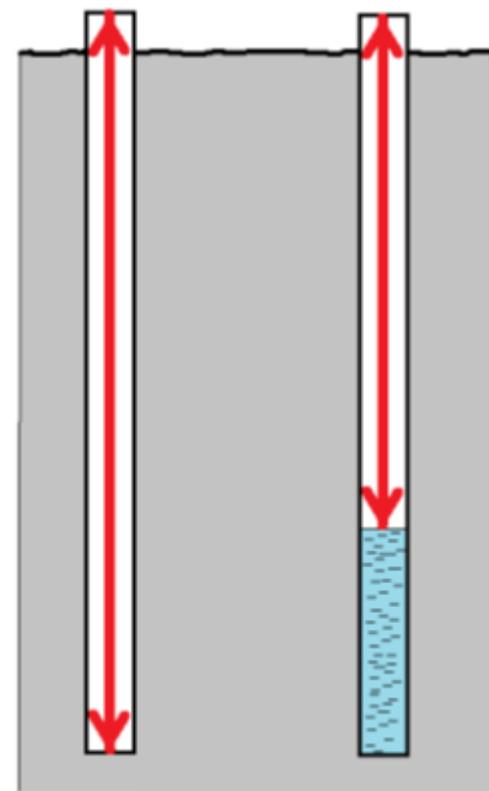
Область применения метода АИР

Приборы серии ПАКТ применяется для технического диагностирования, а также входного контроля труб, трубопроводных систем. Внутренний диаметр обследуемых труб от 15 до 50 мм, длина до 30 м (зависит от диаметра). Применение специальных адаптеров для акустического датчика позволяет расширить диапазон диаметров обследуемых труб от 6 до 150 мм с соответствующим изменением длины.



ИркутскНИИхиммаш

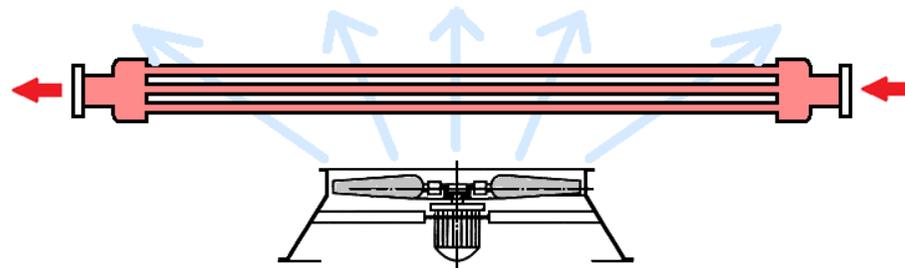
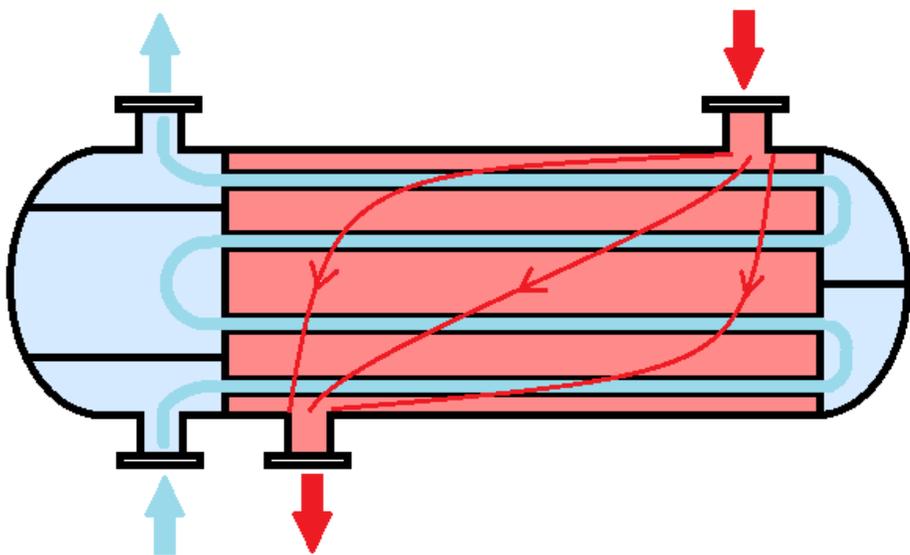
Метод АИР позволяет определить расстояние до разрыва, вмятины или закупорки в длинной трубе, измерить длину скважины или расстояние в ней до уровня воды





ИркутскНИИхиммаш

Уникальные возможности дает метод АИР при обследовании трубных пучков теплообменников кожухотрубного типа и аппаратов воздушного охлаждения – трубопроводных систем с большим количеством одинаковых трубок





Теплообменные аппараты применяются на предприятиях химической, нефтехимической, нефтегазовой, энергетической и других отраслей промышленности.

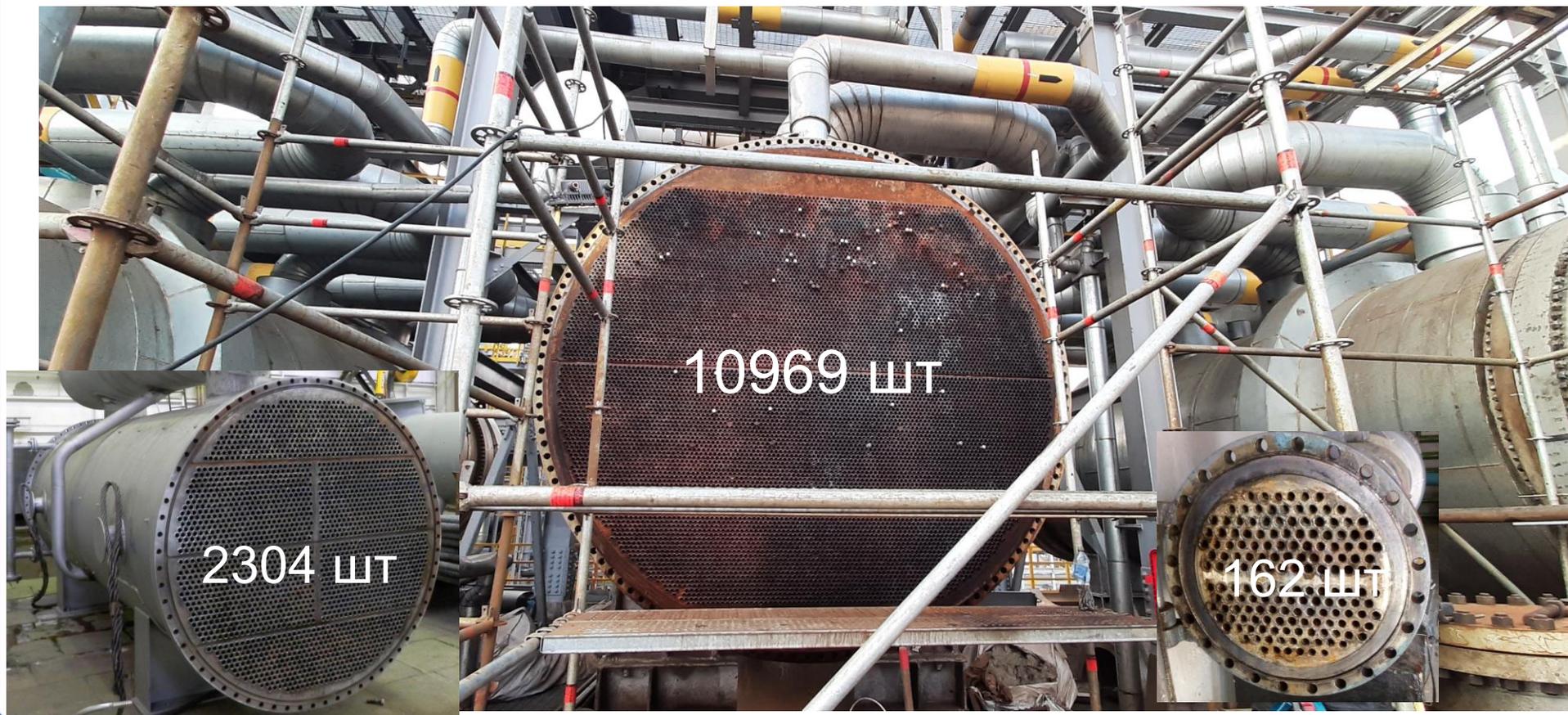


Своевременная диагностика технического состояния теплообменных аппаратов позволяет снизить риски инцидентов и аварий, упредить отклонения в технологии производства.



ИркутскНИИхиммаш

Основная проблема при инструментальном обследовании теплообменных аппаратов связана с большим количеством трубок, имеющих малый внутренний диаметр и значительную суммарную длину.





ИркутскНИИхиммаш



На фото показан распространенный тип кожухотрубного теплообменного аппарата:

Длина трубки 6 м

Внутренний диаметр 21 мм

Количество 1380 шт

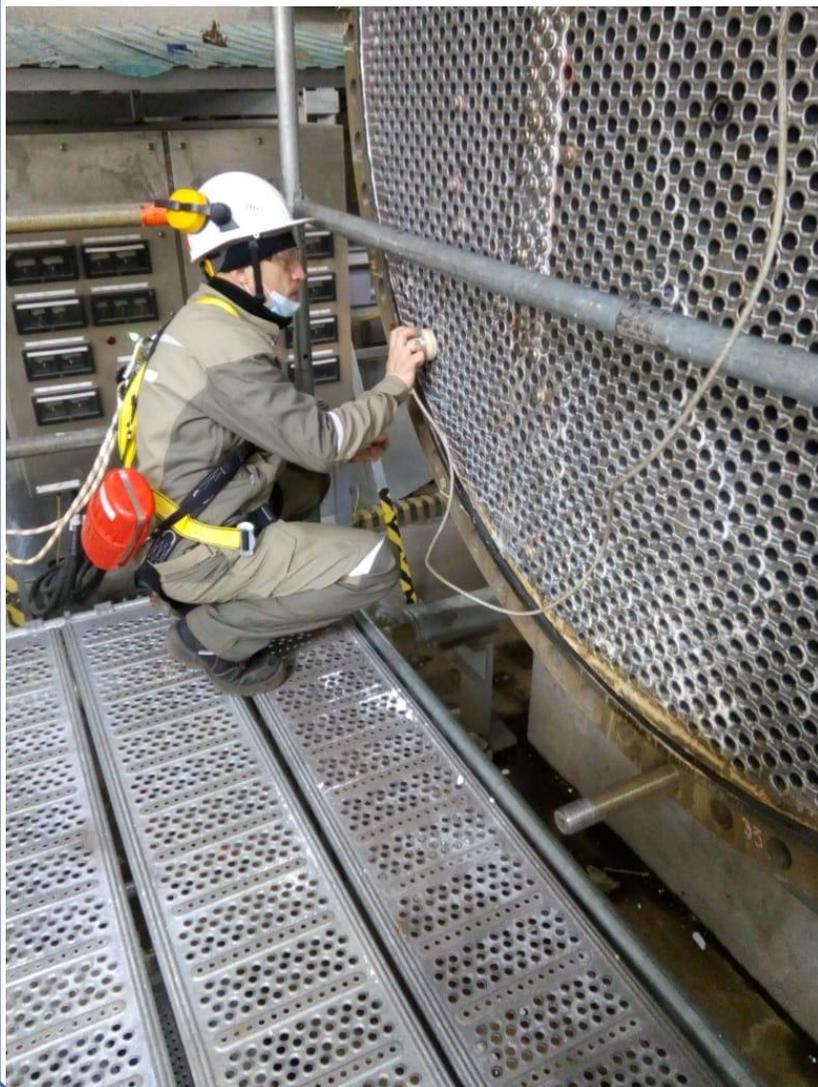
Суммарная длина трубок 8,3 км.

Такое расстояние должна была бы пройти видеочамера эндоскопа или зонд вихретокового прибора вперед и столько же назад. Часто бывает, что дефектные трубки непроходимы для внутритрубных приборов.

В таких случаях применяемый нами метод акустической импульсной рефлектометрии (АИР) становится безальтернативным, поскольку он не требует внутритрубного зонда, а на обследование одной трубы затрачивается от 1 до 5 секунд.

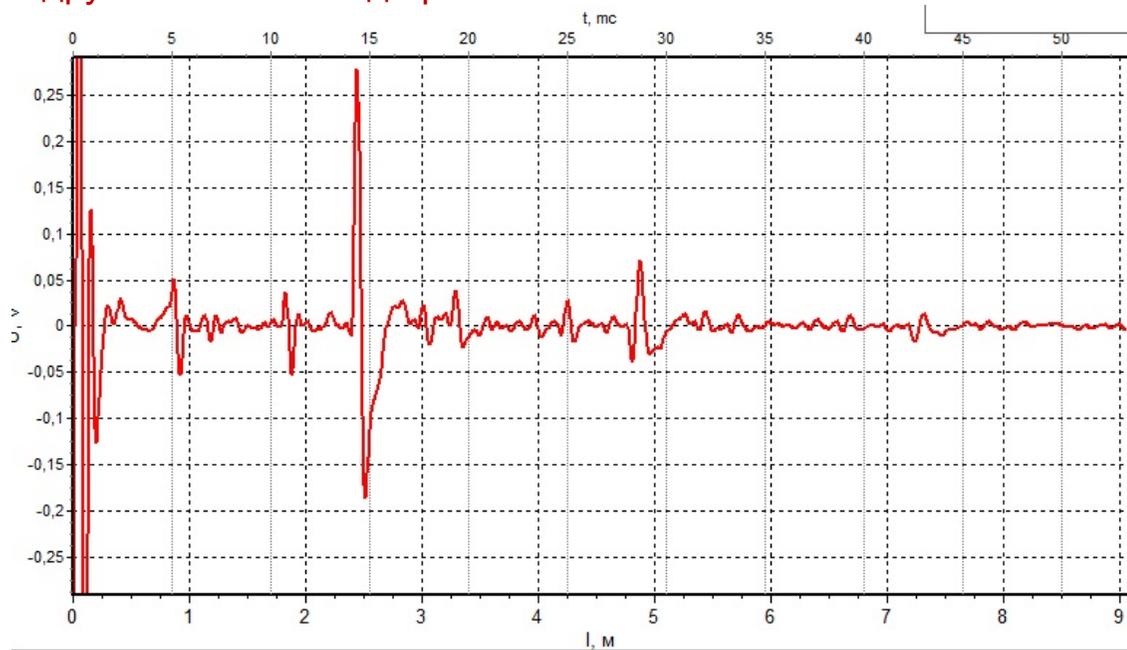


Обследование теплообменника с помощью прибора ПАКТ-04



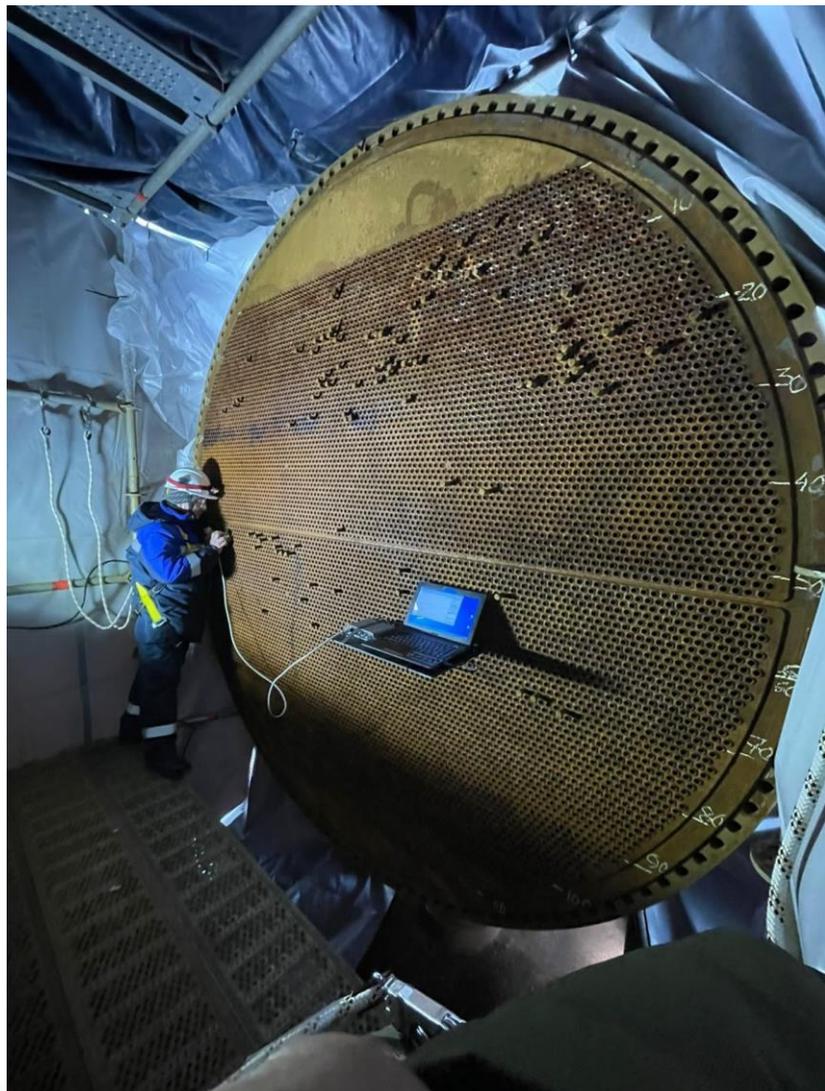
Каждой трубке назначается индивидуальный адрес. Производится акустическое зондирование всех трубок обследуемого аппарата. Все эхограммы записываются в память в оцифрованном виде.

На этой стадии по характерным сигналам на эхограмме оператор может определить сквозные повреждения стенки, отложения, деформацию стенки, закупорку просвета и другие локальные дефекты.





Обследование теплообменника с помощью прибора ПАКТ-04



Когда зондирование закончено, эхограмма каждой трубки обрабатывается программными средствами, уточняется наличие локальных дефектов, вычисляется степень ее дефектности. Степень дефектности трубы или параметр износа **W** (*wear - износ*) – обобщенный количественный параметр, учитывающий степень эрозии стенки, наличия отложений, блокировок, свищей, т.е. дефектов и повреждений, обуславливающих потери трубой эксплуатационных качеств, снижение ее функциональной способности в теплообменном аппарате.

Далее программа строит схему трубной доски и помечает дефектные трубки цветными метками в соответствии с величиной параметра **W**: желтыми, оранжевыми, красными. Черным отмечены заглушенные ранее трубки.

Фото трубной доски обследованного аппарата

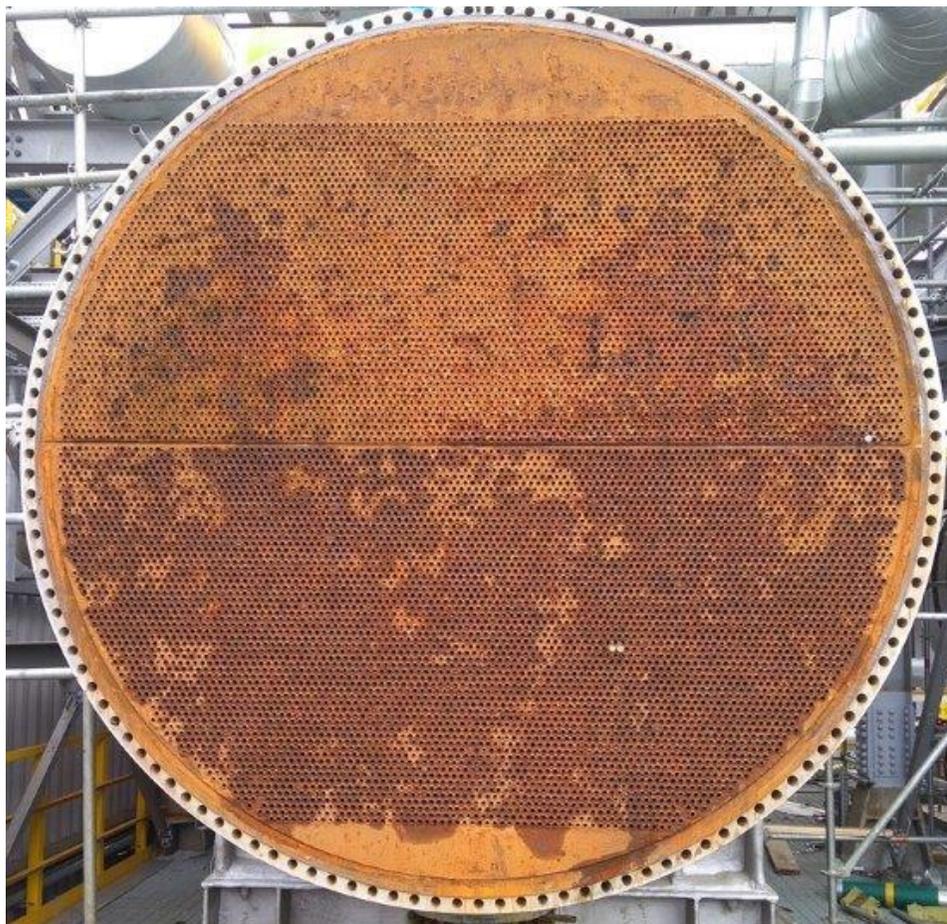
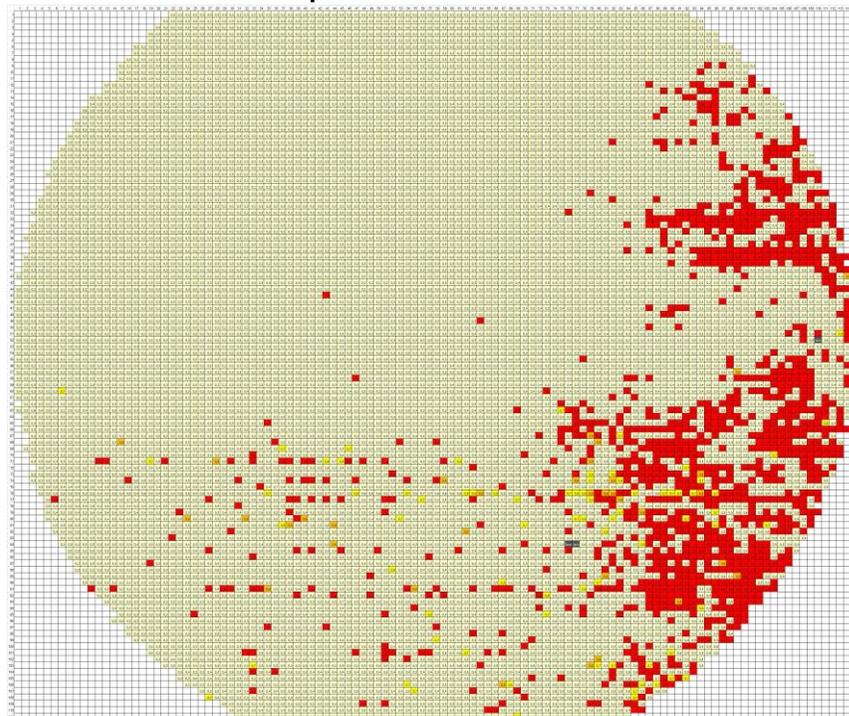


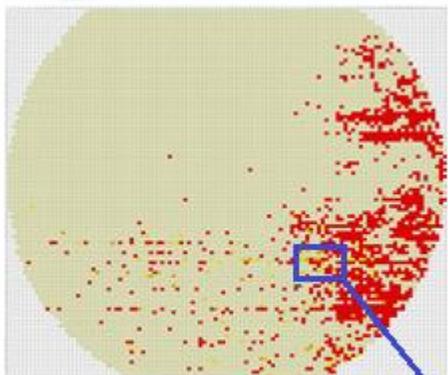
Схема трубной доски с результатами обследования. Метка указывает на дефектную трубку, а цвет метки на степень дефектности





ИркутскНИИхиммаш

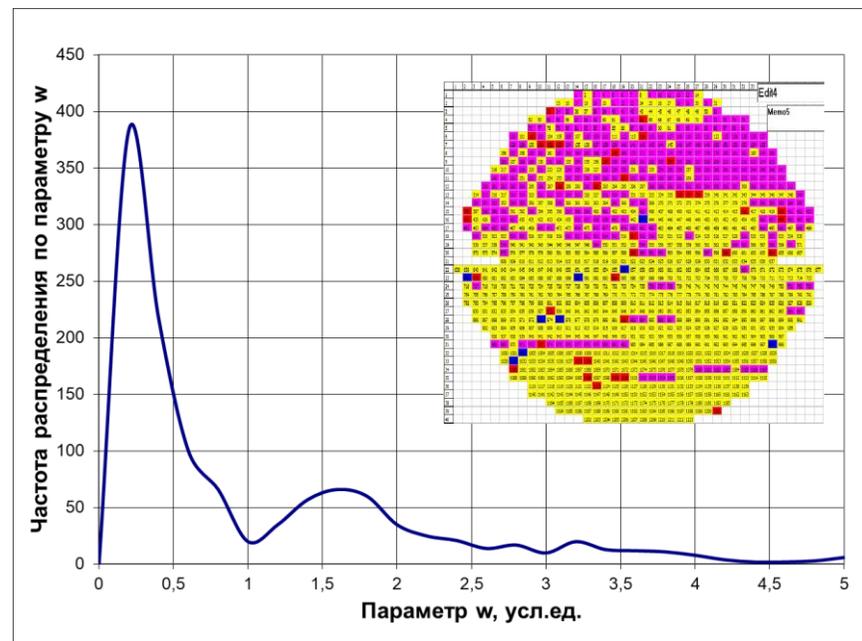
Слева – схема трубной доски с результатами обследования теплообменного аппарата методом АИР, где цветными метками обозначены выявленные трубки с разной степенью дефектности. Справа – результаты эндоскопии и фото вырезанных дефектных трубок.



0.5	0.6	0.6	0.4	0.4			
0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.4	
0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6
0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.7	
0.5	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	
0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4		
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7		
0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.5		



Параметр дефектности трубы w может характеризовать техническое состояние трубного пучка теплообменного аппарата, если построить график плотности распределения трубок по данному параметру.



Четырехходовой теплообменник. Дополнительный максимум – результат выпадения осадка из теплоносителя на последних проходах. Пример нарушения технологии переработки: теплообменник играет роль фильтра или сепаратора.

Если проводить такие обследования регулярно, можно проследить динамику износа.



ТО-001



ТО-003



ТО-вк



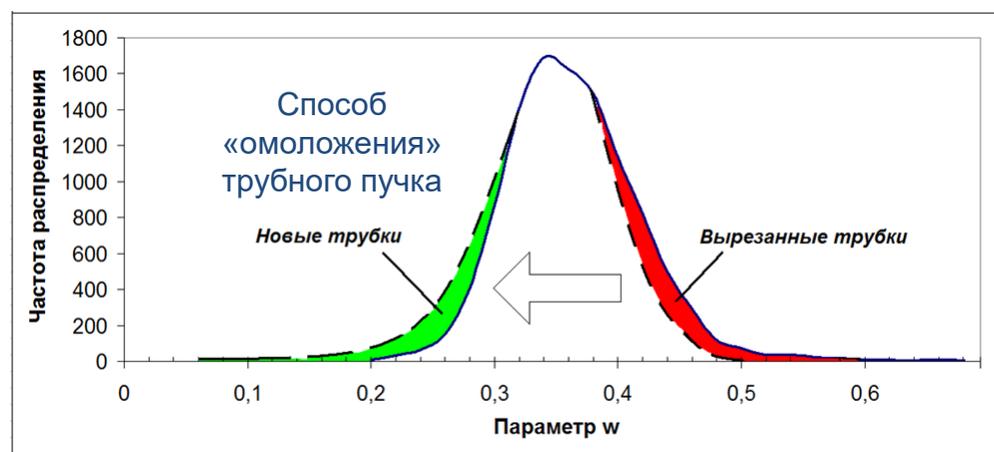
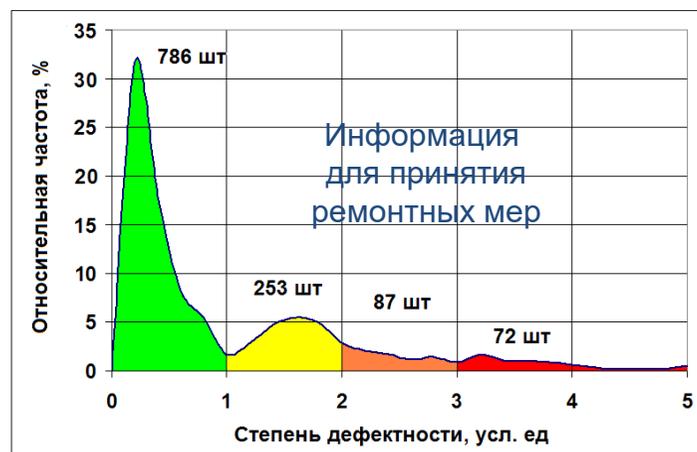
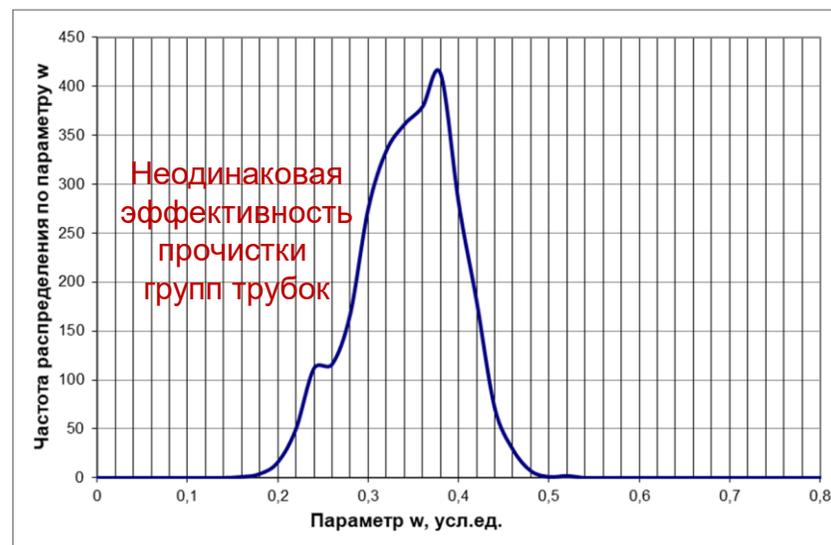
ТО-22





ИркутскНИИхиммаш

График плотности распределения может давать дополнительную информацию о теплообменнике.





Применение количественного параметра, характеризующего дефектность трубок, расширяет возможности технологии экспресс-оценки технического состояния многотрубных теплообменных аппаратов. Параметр износа рассчитывается для каждой трубки.

В результате обследования теплообменника с помощью предлагаемой технологии, специалист имеет информацию о степени износа аппарата в целом по положению максимума и ширине распределения. Кроме того, у него имеется картина структуры трубной доски с указанием всех проблемных трубок, отмеченных цветным кодом. Наконец, эхограмма каждой трубки в оцифрованном и графическом виде сохранена под индивидуальным номером в памяти компьютера и может быть детально проанализирована позднее.

Особое значение характеристики распределения трубок по степени дефектности имеют при очередном (повторном) обследовании аппаратов, когда есть возможность сравнить кривые распределения, выявить разницу и сделать выводы о скорости и степени износа оборудования, остаточном сроке эксплуатации.



ИркутскНИИхиммаш

Метод АИР и мониторинг рисков

Метод АИР нельзя отнести к мониторинговым в аппаратном смысле, поскольку нет элемента непрерывного автоматизированного получения информации о контролируемых параметрах технического объекта.

Вместе с тем, состояние стенок труб теплообменника изменяется достаточно медленно, что делает избыточным потрубный контроль непрерывно или с большой частотой повторения.

Целесообразная частота обновления информации для такого мониторинга определяется периодом проведения регламентных работ во время остановочного ремонта.

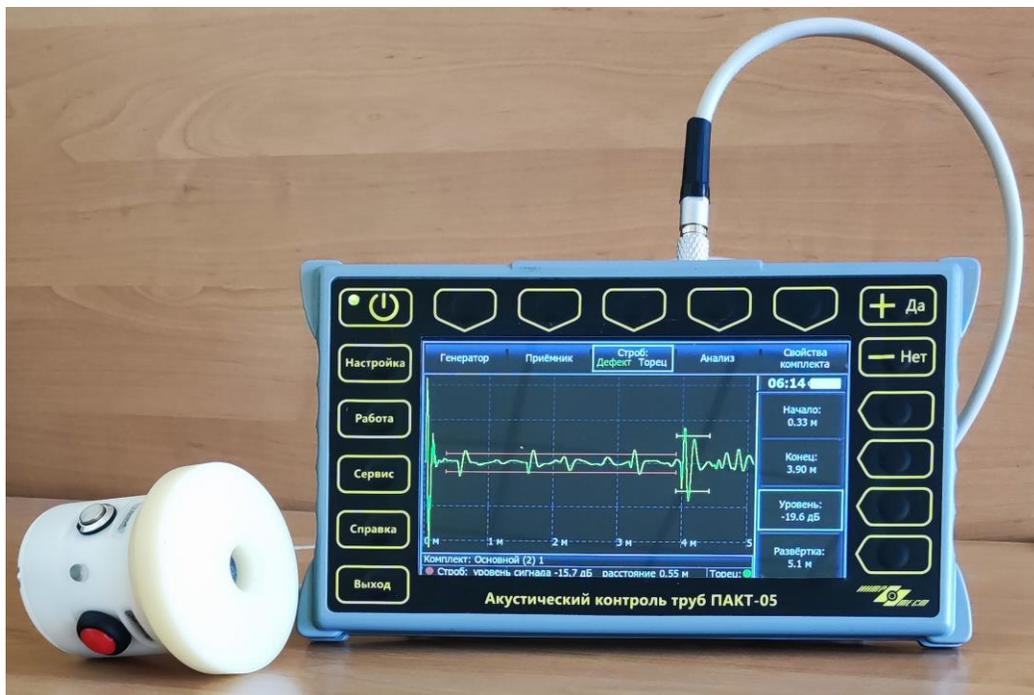
Результаты измерений обрабатываются автоматически, получаемая информация однозначна и носит количественный характер. При необходимости результаты могут ранжироваться, обобщаться на аппарат в целом и включаться в перечень признаков риска.

Поэтому регулярное повторяющееся в периоды регламентного техобслуживания обследование ТО с применением экспресс-метода АИР фактически является мониторингом рисков по смыслу проводимого обследования.

Результат мониторинга позволяет выбирать корректирующие мероприятия при обеспечении ПБ.



Все усовершенствования технологии вошли в новый прибор – ПАКТ-05, выполненный в формате моноблока.



Прибор ПАКТ-05

В настоящее время линейку приборов **ПАКТ** дополнили еще две модели: **06** и **07**. Первая из них предназначена для экспресс-контроля, а также качества прочистки труб; **ПАКТ-07** приспособлен для контроля длинных труб и глубины скважин.

Аппаратура и методика контроля разработаны и изготовлены в российских организациях и являются примером импортозамещения.

Контакты:

ООО «НТЦ «ИркутскНИИхиммаш»

Адрес: 664074, РФ, Иркутск, ул. Академика Курчатова, д. 3

Сайт компании: hm.irk.ru,

тел.: (3952) 410-434,

факс: (3952) 410-510,

e-mail: himmash@irk.ru.

Первый заместитель генерального директора

Кузнецов Кирилл Анатольевич

тел.: +7-902-515-00-31

E-mail: k.kuznetsov@hm.irk.ru