

## Технология обследования теплообменных труб посредством акустической импульсной рефлектометрии.

В начале ноября месяца 2021 года на одном из нефтехимических предприятий Сибири специалистами АО «ИркутскНИИхиммаш» была выполнена работа по оценке технического состояния теплообменных труб с помощью инновационного для РФ метода акустической импульсной рефлектометрии (АИР).

Объектом контроля стал теплообменный аппарат с количеством трубок в трубном пучке равным 10969 шт.

Работа состояла из следующих этапов:

- Разработка технологии проведения обследования;
- Проведение обследования всех теплообменных труб объекта контроля методом АИР. Дообследование выявленных дефектов труб видеозендоскопом;
- Обработка и анализ результатов контроля, подготовка заключения (отчета).

В рамках подготовительных работ выполнены:

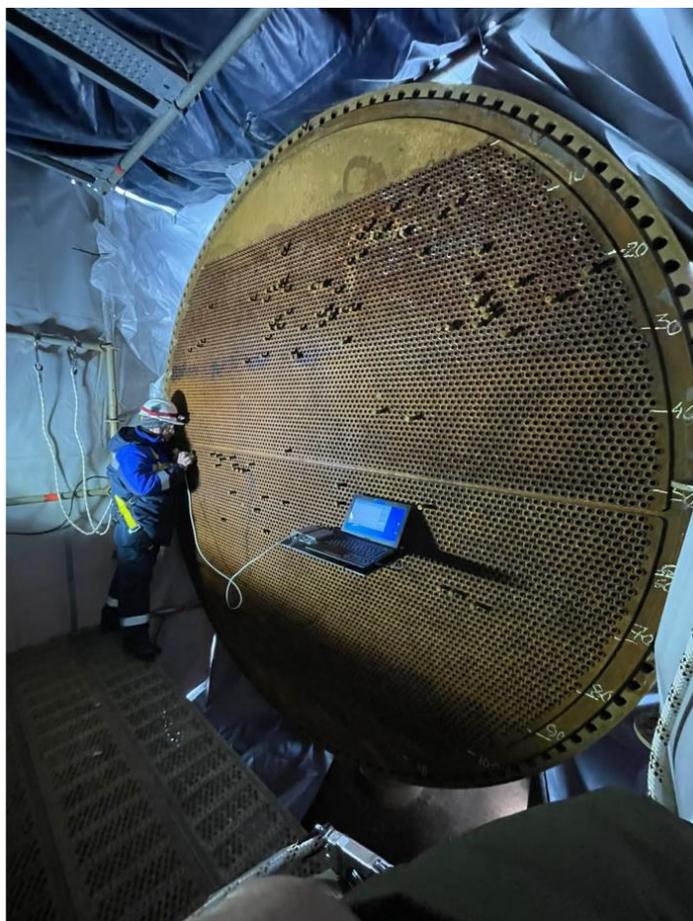
- прочистка, промывка, просушка всех труб аппарата;
- оснащение рабочего места дефектоскопистов подмостками (объект контроля находится на высотной отметке 12 м);
- изготовление вспомогательной оснастки датчика прибора для конкретного трубного пучка;
- разработка схемы и порядка обследования труб пучка, подготовка программного обеспечения.

Суть применяемой технологии по оценке технического состояния заключается в следующем. Во внутренний объем трубы раздельно-совмещенным акустическим датчиком излучается импульс звукового диапазона. Импульс, распространяясь вдоль трубы, рассеивается, поглощается или отражается назад неровностями внутренней стенки, сквозными дефектами или сужениями. Отраженные назад сигналы регистрируются датчиком с последующим анализом.

Заложенные в аппаратно-программный комплекс ПАКТ-04 возможности позволяют записывать в память оцифрованный эхо-сигнал от каждой трубки теплообменника, одновременно выдавая на экран информацию о состоянии трубок с помощью двух зонного автоматического сигнализатора дефектов (АСД). АСД помечает на схеме трубной доски меткой

обследованную трубку. Цвет метки АСД дает первичную информацию о проблемных трубках: сигнализирует о разрывах, блокировках, отложениях, окалине.

Методика обследования трубных пучков с помощью АИР и работа с прибором ПАКТ-04 более подробно описана в работах, приведенных в источниках информации (см. ниже).



На фото показан рабочий момент обследования трубного пучка методом АИР на трубной доске под защитным пологом. Незащищенная часть аппарата, включая трубный пучок, находилась при температуре окружающего воздуха в диапазоне, как минимум, от +5 до минус 10 °С.

Дефекты трубок определялись при просмотре эхограмм по отклонению от расчетных параметров сигнала АИР, превышению (для первой зоны) или не достижению

(для второй зоны) контрольных уровней срабатывания АСД прибора, наличие сильных локальных или распределенных сигналов отражения от дефектов, а также по характерным фазовым аномалиям сигнала.

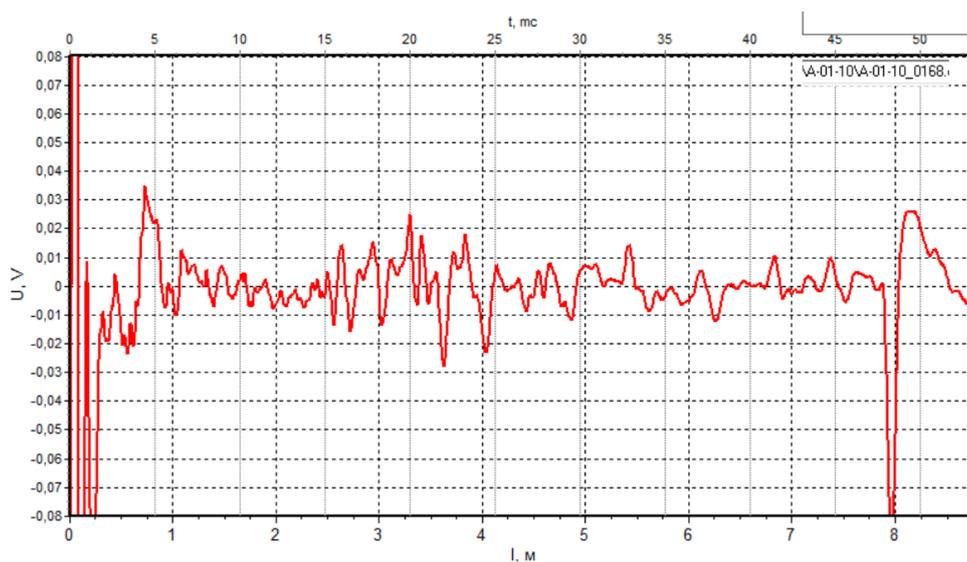
Анализ эхограмм выявил 53 трубки с выраженными признаками дефектности, причиной которой является коррозионный износ: язвенная и общая коррозия, скопление отслоенных продуктов коррозии металла стенки вплоть до блокировки просвета трубок.

На фото ниже показан фрагмент трубной доски



Ниже приводится ряд примеров выявленных дефектных трубок с эхограммами и кратким описанием проявления дефектности.

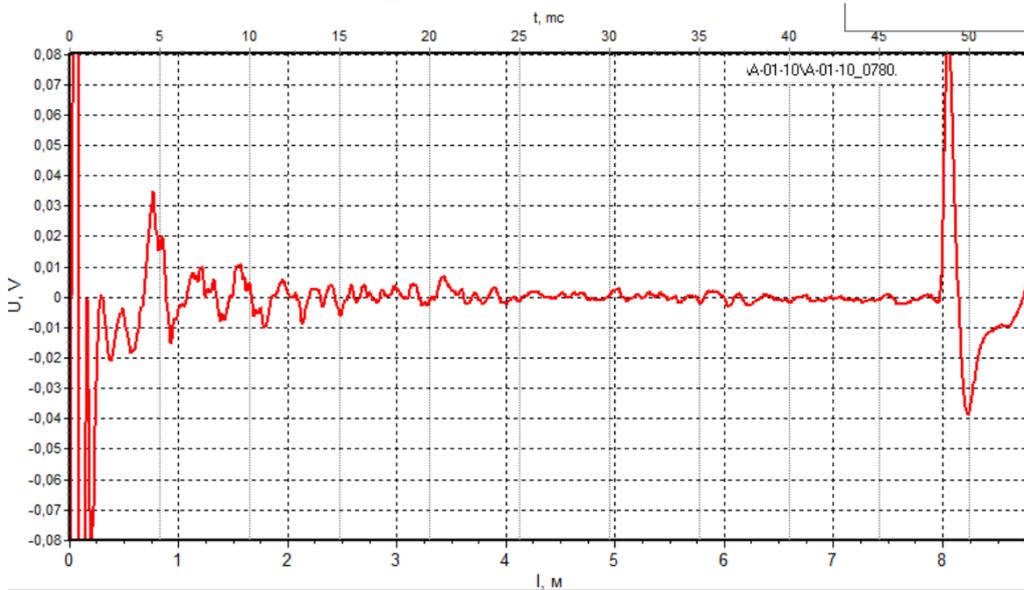
1. Распространенная язвенная коррозия, скопления продуктов коррозии в дальней части трубы с рельефом, имеющим эквивалентный размер до 20% от сечения просвета.



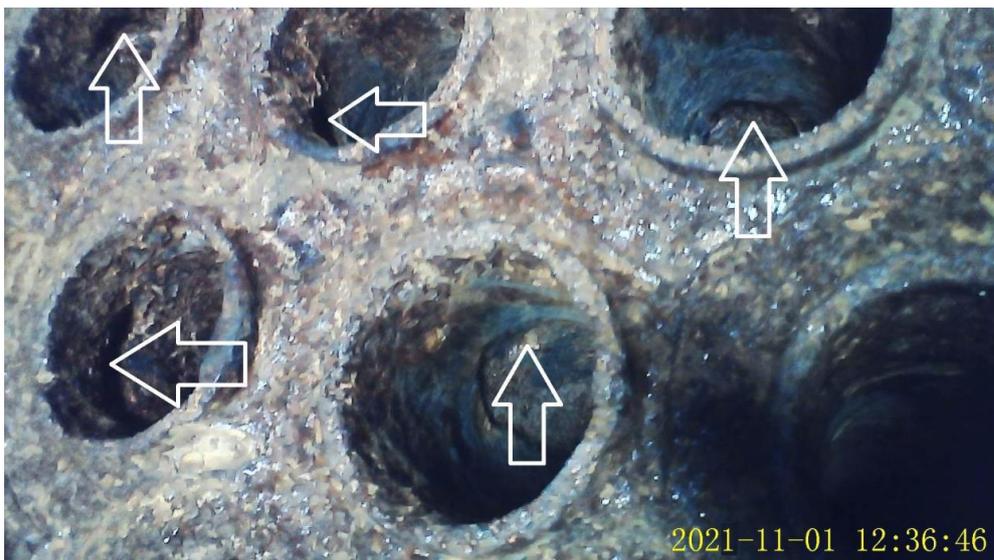
2. Распространенная коррозия, блокировка просвета в конце трубы.

Эндоскопическое обследование показало значительные коррозионные повреждения стенок. Подтверждаются скопления продуктов коррозии и

ближние                      блокировки,                      отмеченные                      в                      перечне



дефектных трубок. На фото ниже показаны зафиксированные фотокамерой эндоскопа эрозионные поражения трубок вблизи входа.



На фото ниже представлена фотография внутритрубной блокировки, сформированной из продуктов коррозии в смеси со льдом.



Для оценки технического состояния поверхности труб применяется обобщенный количественный безразмерный параметр - степень дефектности трубки, или параметр износа  $w$ , который учитывает степень эрозии стенки, наличие отложений, блокировок, свищей, т.е. дефектов и повреждений, обуславливающих потери трубкой эксплуатационных качеств, снижение ее функциональной способности в теплообменном аппарате. Определяется по изменению сигнала, распространяющегося в трубе. Измеряется в безразмерных условных единицах (усл.ед.).

При обследовании теплообменного аппарата значение степени дефектности вычисляется для каждой трубки по результатам измерений.

Таким образом, дефектовка труб с помощью АИР ведется по АСД, отображение которого фиксируется на эхограммах каждой трубки, и по параметру износа  $w$ .

По результатам работы Заказчику представлен Отчет, в котором приведена интерпретация полученных результатов обследования, сделаны выводы и даны рекомендации по дальнейшей эксплуатации теплообменного аппарата с учетом предлагаемых мер.

#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1 СТО 00220227-043-2016 «Трубопроводные системы. Методы акустического контроля. Метод акустической импульсной рефлектотрии».

2 Inshakov D.V., Vykov S.P., Kuznetsov K.A. ПАКТ-04: Device and Non-Destructive Testing of Heat-Exchange Equipment// Scientific Israel — Technological Advantages. — 2016. — Vol. 18 (1). — P. 19–27.

3 Иншаков Д.В., Кузнецов К.А. Диагностика технического состояния теплообменных аппаратов методом акустической импульсной

рефлектометрии на опасных производственных объектах. Ж-л «Безопасность труда в промышленности», 2019, №12, стр. 24-29.

4 Technical condition examination of heat exchanger tubes with an acoustic pulse reflectometry method. D V Inshakov and K A Kuznetsov 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1636 012016.

5. Отчет по результатам обследования теплообменных труб объекта контроля с применением метода акустической импульсной рефлектометрии, утвержденный 16.11.2021.