

ООО «ПРОМТЕХЭКСПЕРТИЗА»

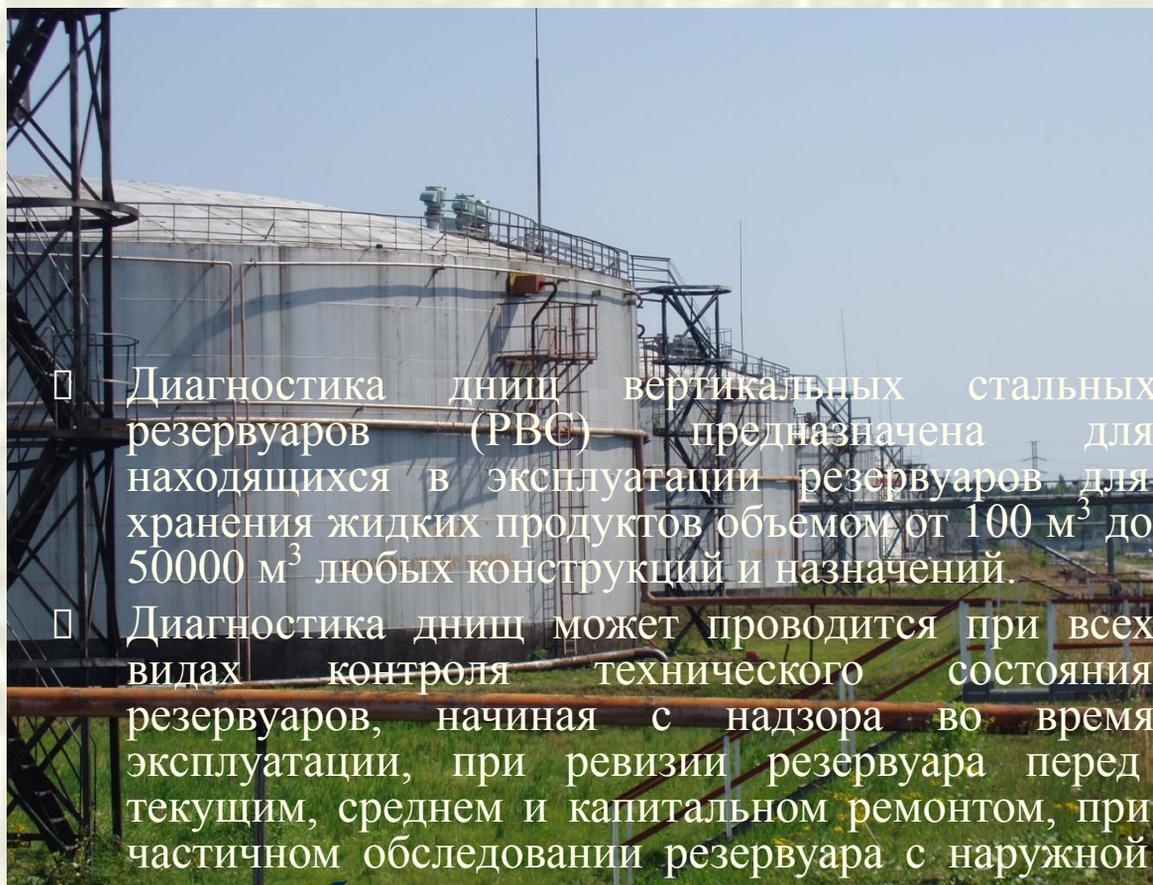
**ДИАГНОСТИКА ДНИЩ
вертикальных стальных резервуаров**

**Москва – Нижний Новгород,
2013 г.**





ДНИЩ



- Диагностика днищ вертикальных стальных резервуаров (РВС) предназначена для находящихся в эксплуатации резервуаров для хранения жидких продуктов объемом от 100 м³ до 50000 м³ любых конструкций и назначений.
- Диагностика днищ может проводится при всех видах контроля технического состояния резервуаров, начиная с надзора во время эксплуатации, при ревизии резервуара перед текущим, средним и капитальном ремонтом, при частичном обследовании резервуара с наружной стороны, без выведения из эксплуатации, а также при полном обследовании с наружной и внутренней стороны с выведением резервуара из эксплуатации, опорожнением, зачисткой и дегазацией или перед вводом в эксплуатацию ранее не эксплуатирующихся резервуаров или резервуаров после капитального ремонта, в том числе, в ходе проведения экспертизы промышленной безопасности.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ДНИЩ (продолжение)



- Диагностирование днищ РВС дает информацию о наличии, местоположении и опасности дефектов задолго до аварии (течи).
- Выявляет дефекты – участки локальной концентрации напряжений из-за коррозии, хлопунгов, проседания грунта, локальной потери устойчивости, разрушения изоляции, а также отступлений от требований проекта, некачественного монтажа, ремонта и др.
- Выдает оценку времени наработки до предельного состояния для выполнения предупредительного ремонта и мероприятий по обеспечению безопасности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ДНИЩ

В основе диагностики днищ РВС в рабочем состоянии используются:

- Метод акустической томографии
- Метод акустической эмиссии

для уточнения местоположения и параметров дефектов в зонах расположения источников акустического излучения после опорожнения и зачистки резервуара используются:

- Метод магнитной памяти металла
- Метод электромагнитной томографии

и традиционные локальные методы неразрушающего контроля (НК).

Используемые приборы, инструменты и оборудование НК обеспечивают высокую достоверность в процессе эксплуатации резервуаров задолго до критического состояния (течи), так и в процессе ликвидации аварии (определение местоположения течи).

Используемые научно-методические основы технической диагностики днищ РВС успешно апробированы на объектах атомной, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, объектах магистрального трубопроводного транспорта и в других отраслях промышленности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДНИЩ

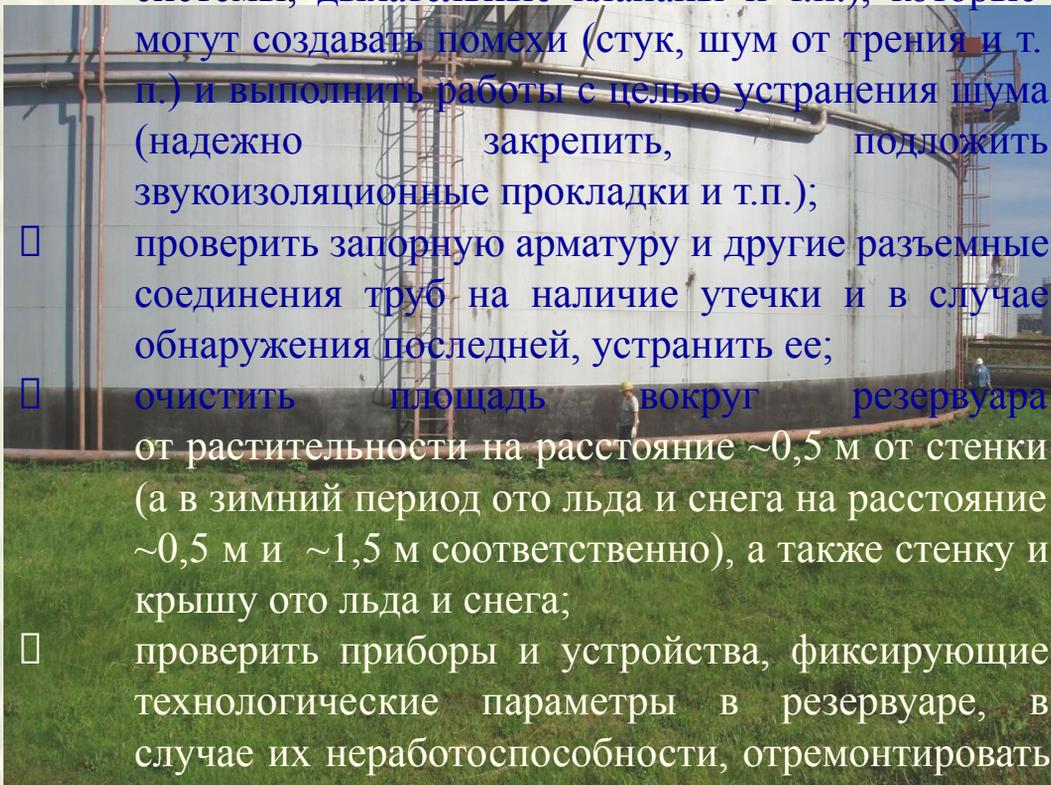
- Основы акустической томографии связаны с гидроакустикой и первоначально ограничивались задачей определения места локализации течи в трубопроводе посредством вычисления времени «задержки» максимума функции взаимной корреляции двух сигналов (записей) от двух разнесенных по трубе приемников (датчиков).
- Установлено, что это представление может быть распространено на участки локальной концентрации напряжений из-за коррозии и других недопустимых дефектов, неисправностей и отступлений от требований проекта и монтажа.
- Метод может использоваться в процессе эксплуатации (без дополнительной манипуляции рабочим давлением).
- Подключение приемников бескабельное.
- Использование метода корреляционного анализа случайного сигнала позволяет снизить соотношение «сигнал-помеха» и использовать низкочастотный звуковой диапазон частот для увеличения размеров зоны контроля.
- Источники акустического излучения связаны резонансами на дефектах, инициируемые локальными динамическими изменениями давления и температуры рабочего продукта при его перетекании и конвекции.



АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Перед проведением акустической томографии обслуживающий персонал должен:

- обследовать резервуар, проверить все установленные на нем конструктивные элементы (лестницы, трубы, элементы противопожарной системы, дыхательные клапаны и т.п.), которые могут создавать помехи (стук, шум от трения и т.п.) и выполнить работы с целью устранения шума (надёжно закрепить, подложить звукоизоляционные прокладки и т.п.);
- проверить запорную арматуру и другие разъемные соединения труб на наличие утечки и в случае обнаружения последней, устранить ее;
- очистить площадь вокруг резервуара от растительности на расстоянии ~0,5 м от стенки (а в зимний период ото льда и снега на расстояние ~0,5 м и ~1,5 м соответственно), а также стенку и крышу ото льда и снега;
- проверить приборы и устройства, фиксирующие технологические параметры в резервуаре, в случае их неработоспособности, отремонтировать или заменить на новые;
- прекратить на резервуаре и в радиусе ~50 м все работы, которые могут создавать шумы и мешать проведению контроля;
- провести проверку наполнения резервуара до максимального уровня;
- произвести зачистку «до металла» мест установки датчиков, согласно схемы их размещения, включая снятие изоляции и др.



ПРОГРАММА РАБОТ ПО АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

- I. Анализ технической документации, условий эксплуатации и сведений по авариям, повреждениям и ремонтам на основании:
- эксплуатационной схемы резервуара с указанием обвязывающих трубопроводов, задвижек, приборов КИПиА и т.д.;
 - исполнительных чертежей, условий изготовления и монтажа;
 - информации о сроке службы, параметрах эксплуатации, сроках и результатах технических освидетельствований, повреждениях и ремонтах;
 - данные о защите от коррозии.
- II. Проведение натурных работ по контролю:
- размещение датчиков и имитаторов акустических сигналов;
 - калибровка каналов системы регистрации акустического шума, запись имитационных сигналов;
 - запись акустического шума под наливом рабочего продукта (или воды);
 - инструментальный и визуальный контроль в зоне нижнего пояса стенки и окрайки днища.
- III. Обработка и анализ результатов:
- локализация источников акустических сигналов на днище;
 - идентификация источников;
 - расчет времени наработки до предельного состояния;
 - расчет показателей выявляемости и надежности контроля.
- IV. Составление заключения.

ПРОВЕДЕНИЕ НАТУРНЫХ РАБОТ



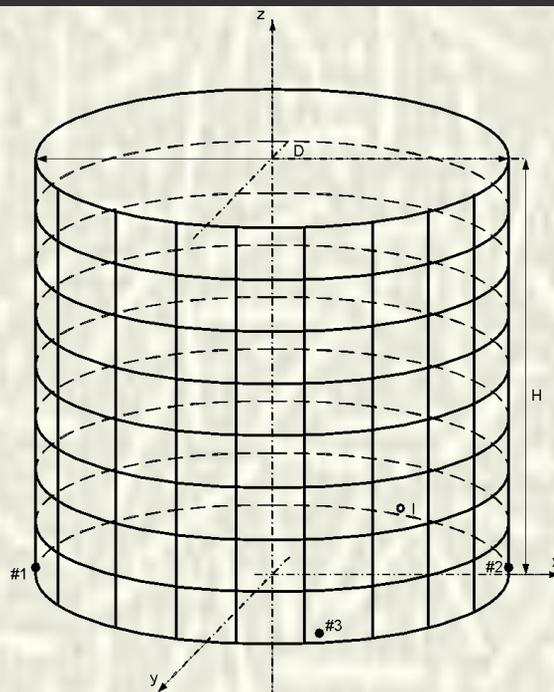
Базовые блоки системы регистрации акустического излучения – акустического томографа «Каскад-2» (2012г.) обеспечивают бескабельное подключение двух приемников (датчиков), разнесенных по стенке резервуара на расстоянии до 200 м друг от друга.



Выбор мест для размещения датчиков и имитаторов акустических сигналов.

ПРОВЕДЕНИЕ НАТУРНЫХ РАБОТ (продолжение)

Схема размещения датчиков (пронумерованы арабскими цифрами со значком #) и имитаторов акустических сигналов (пронумерованы римскими цифрами).



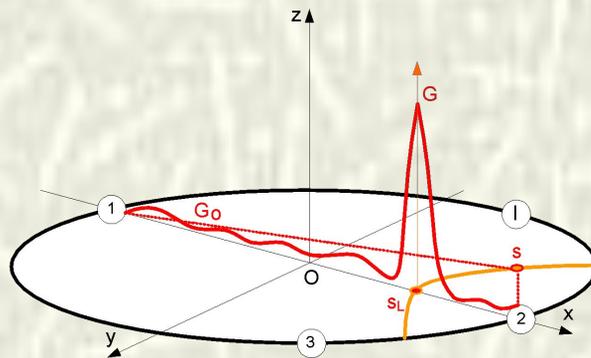
Размещение датчиков и имитаторов акустических сигналов.



ромтехэкспертиза

МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Схема локализации источника s на днище:



- По синхронным записям двух сигналов $f_1(t)$ и $f_2(t)$ по приемникам #1 и #2 определяется функция взаимной корреляции (кросскорреляции):

$$G(\tau) = (1/t_{\max}) \int f_1(t) * f_2(t - \tau) dt,$$

где $t_{\max} = 2 * (x_2 - x_1) / c_u$, $0 \leq \tau \leq t_{\max}$, $\tau = (x - x_1) / c_u$, $x_1 \leq x \leq x_2$.

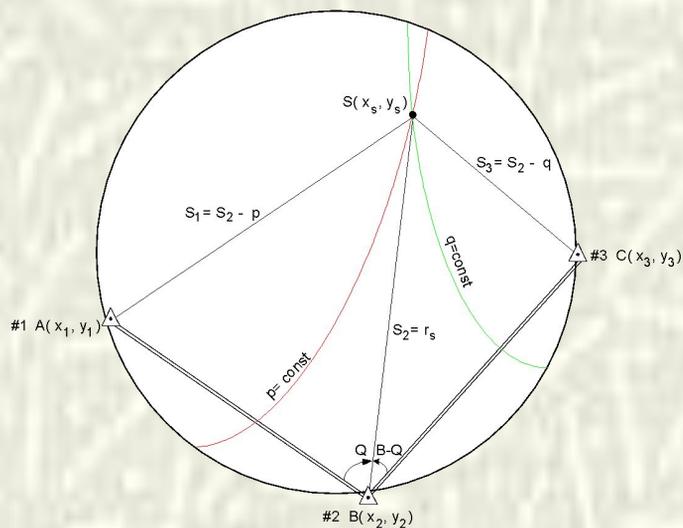
- По максимуму функции кросскорреляции и соответствующему значению «линейной координаты» $x = s_L$ рассчитывается время «задержки» сигнала $t_{31} = \Delta x / c_u$, где Δx – разность расстояний от источника до приемников #1 и #2, c_u – скорость звука.

- Время задержки сигнала t_{31} равно разности $(t_1 - t_2)$ времен прихода (РВП) - дискретных импульсов от источника s к приемникам #1 и #2, необходимой для получения т.н. первой гиперболической засечки (соответствует желтой кривой, для которой $t_1 - t_2 = \text{const}$).

МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

(продолжение)

Схема локализации источника s на днище:



- По РВП $(t_2 - t_3) = t_{32}$ при установке (перестановке) приемника из т.#1 в т.#3 получают вторую гиперболическую засечку $t_2 - t_3 = \text{const}$.
- Параметры t_{31} и t_{32} используют для вычисления координат источника s на плоскости днища.
- Вычисляют $p = (t_2 - t_1) * c_u$ - для первой гиперболической засечки (красная кривая) и $q = (t_2 - t_3) * c_u$ - для второй гиперболической засечки (зеленая кривая).
- С использованием соотношений плоской геодезии по заданным координатам приемников в тт. #1, #2 и #3 рассчитывают координаты всех зарегистрированных источников x_s и y_s .

ОЦЕНКА ВЫЯВЛЯЕМОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ

Основана на измерении сигналов от имитаторов течи через штуцеры калиброванного диаметра (0,5...5,0 мм), устанавливаемые на выступающую часть окрайки днища, подключаемые резиновым шлангом к нагнетаемой под заданным давлением емкости с рабочим продуктом РВС. Диаметр штуцера вместе с давлением рабочего продукта в емкости определяет уровень протечки (расхода) из резервуара. Из-за округлой формы сопла штуцера-имитатора активность акустического излучения и его амплитуда не превысят значений от реального дефекта с эквивалентной площадью поверхности. Это обеспечивает выполнение принципа *максимальной безопасности*, т.е. повышенной консервативности оценок выявляемости и достоверности контроля.



Установка имитатора течи на выступающей окрайке днища РВС.



ромтехэкспертиза ОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ (продолжение)

- Необходимым условием выявления течи является достаточный уровень амплитуды акустического сигнала от дефекта A , распространяющегося по рабочему продукту (или воде) на расстоянии наиболее удаленного датчика. Известно, что течь генерирует три типа волн. Энергия эмиссии $W \sim A^2$ основной из них пропорциональна перепаду давления ΔP (РВС - свободное пространство) и площади сечения S сквозного дефекта (отверстия):

$$W \sim \Delta P^4 * S$$

- По мере увеличения площади отверстия энергия сигнала эмиссии возрастает (см. рисунок). При определенном размере течи (S_0) амплитуда сигнала (A_0) становится достаточной для регистрации используемым типом корреляционного течеискателя. Т.е. возможность обнаружения течей малым расходом в значительной степени определяется техническими параметрами прибора, и чувствительностью регистрирующего тракта.
- По мере увеличения размера течи S амплитуда сигнала A первоначально увеличивается (см. рисунок). Однако, указанное увеличение (переход течи в категорию разрыв) сопровождается снижением давления в окрестности дефекта и снижением амплитуды излучаемого сигнала. При определенных размерах разрыва (S_{max}) амплитуда сигнала от него становится недостаточной для регистрации и обнаружения дефекта.

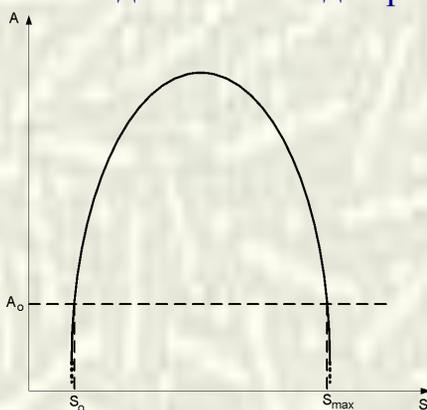
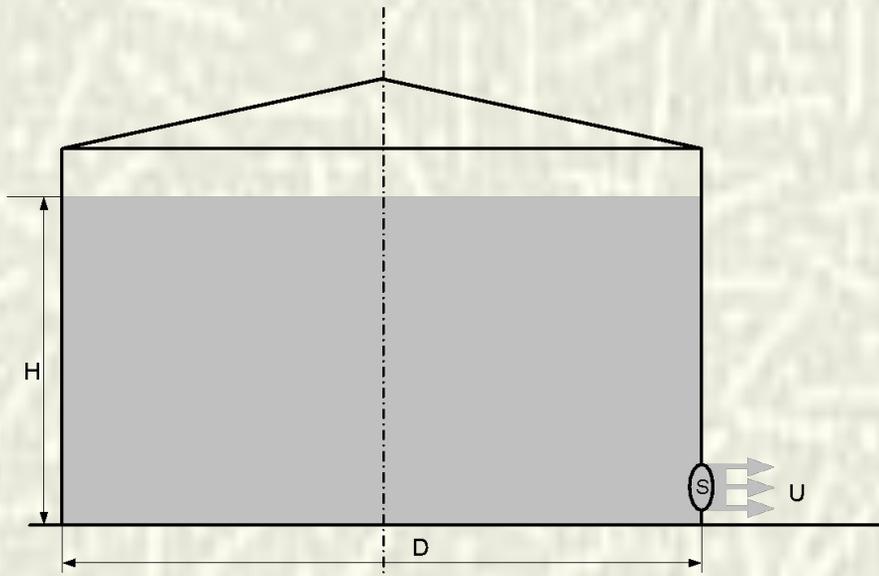


График зависимости амплитуды сигнала A от площади отверстия S .



ромтехэкспертиза ОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ (продолжение)



- Скорость истечения рабочего продукта из отверстия:

$$U=(2\Delta P/\rho)^{1/2} ,$$

где ρ – плотность рабочего продукта, ΔP – перепад давления.

- Расход рабочего продукта из отверстия площадью S за время t :

$$Q=S*U*t .$$

для отверстия в днище РВС:

$$Q=S*t*(2gH)^{1/2} .$$

При диаметре отверстия 1 мм, $H=10$ м расход составляет $0,0396 \text{ м}^3$ (~40 литров).

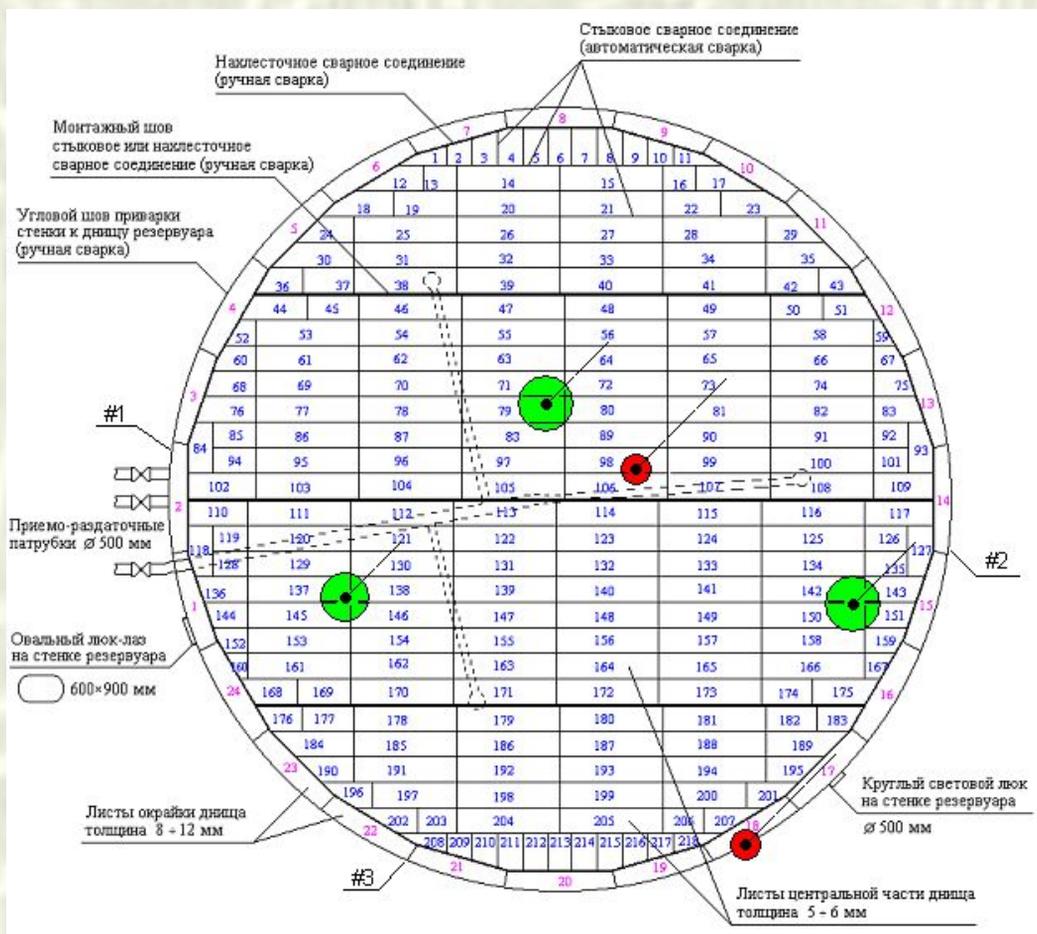
- Надежность обнаружения такого дефекта методом акустической томографии на удалении до 50 м от приемника превышает 70%.

КРИТЕРИИ ОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ (ДЕФЕКТОВ)

- По случайному разбросу невоспроизводящихся максимумов функции корреляции $G(x)$ нескольких последовательных записей определяется уровень «фонового шума» ($G_0 = \langle G_0 \rangle + 3S_{G_0}$), а по воспроизводящимся максимумам – источники излучения (потенциальные дефекты).
- Для оценки опасности источника (дефекта) рассчитывается значение G_i локального максимума функции $G(x)$, в зависимости от которого отмечают:
 - $G_0 \leq G_i$ удовлетворительное состояние
 - $G_0 < G_i \leq 2G_0$ докритический дефект
 - $2G_0 < G_i \leq 3G_0$ критический дефект
 - $G_i > 3G_0$ авария (предельное состояние).
- Оценку времени наработки до предельного состояния $t_{нпс}$ производят для критических дефектов по линейной экстраполяции.
- При первичном диагностировании:
$$t_{нпс} = t_{сс} * (3G_0 - G_i) / (G_i - G_0),$$
где $t_{сс}$ – срок службы с момента монтажа (ремонта с проведением замены).

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ДНИЩ

Результаты диагностики днищ представляются в виде схем, графиков, рисунков и таблиц с указанием местоположения, размеров и опасности обнаруженных дефектов, в том числе, с оценкой времени наработки до предельного состояния.



Местоположение и размеры источников излучения (дефектов) обозначено кружками. Цветом и штриховкой обозначены параметры их опасности: зеленым – докритические дефекты (2 штриха по уровню Go), красным – критические дефекты (3 штриха).

ВЫВОДЫ ПО ДИАГНОСТИКЕ

Диагностика днищ повышает эффективность затрат на капитальный ремонт резервуаров. Это обеспечивается:

- возможностью определения недопустимых дефектов в процессе эксплуатации;
- использованием при диагностировании методов локализации дефектов по площади днища;
- получением оценки срока безопасной эксплуатации до очередного технического диагностирования;
- возможностью управления техническим состоянием по определению «безопасных» рабочих параметров (уровень налива, срок службы), очередности и объема ремонта.