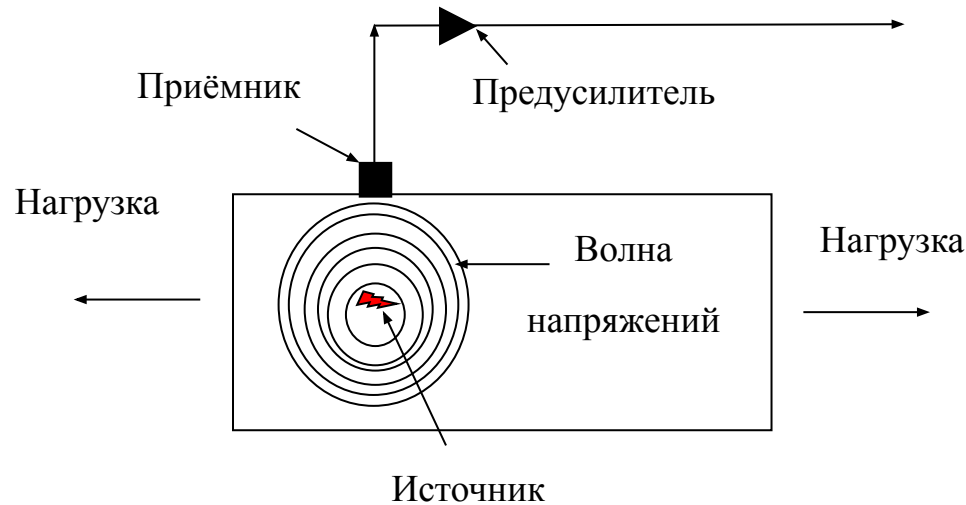


*Контроль материалов методом акустической  
эмиссии (АЭ). Общие вопросы.*

# Что такое акустическая эмиссия (АЭ)

**Акустическая эмиссия** – явление генерации упругих волн в материале контролируемого объекта, вызванное структурными изменениями материала.



## Принципиальная схема реализации метода АЭ

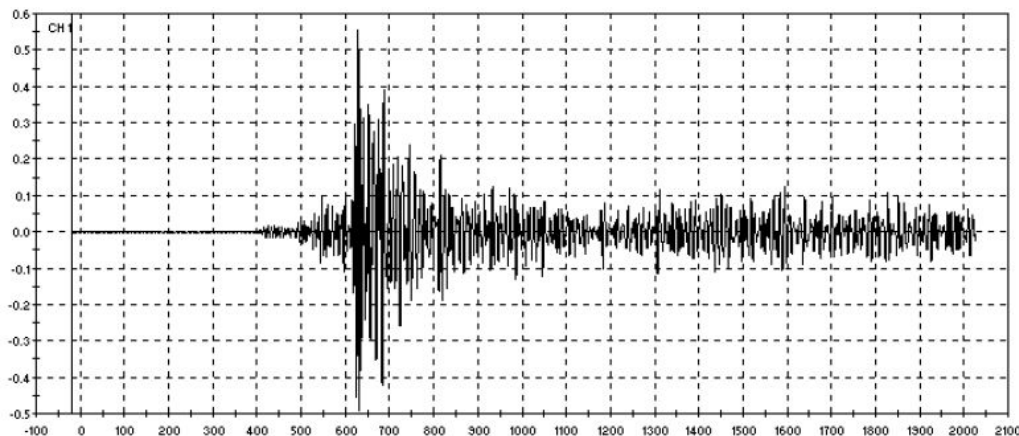
Для получения информации от источника АЭ сигналов в качестве приёмников применяются преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ), принцип работы которых основан на явлении пьезоэффекта.

Работают, в основном, в области частот  $f = 30 \dots 500$  кГц.

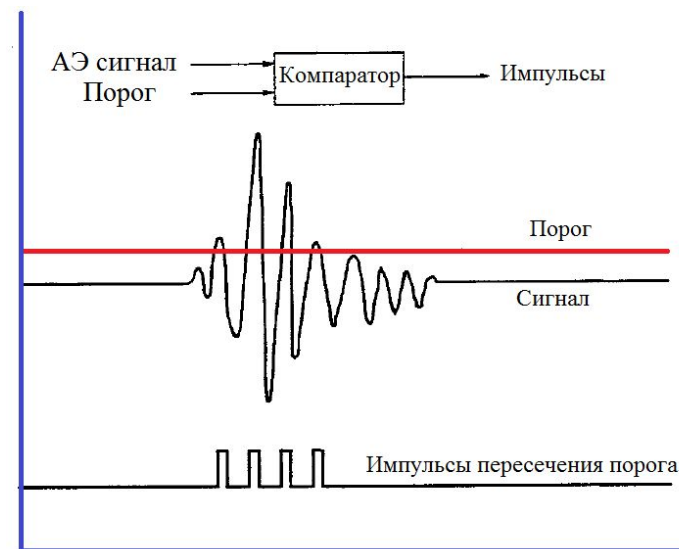
При  $f < 30$  кГц – высокий уровень акустических шумов.

При  $f > 500$  кГц – высокий уровень затухания сигнала от дефекта.

# Регистрация сигналов АЭ



Типичный импульсный сигнал АЭ от единичного акта дискретной деформации



Принцип регистрации АЭ сигнала

- ✓ Сигнал от единичного акта дискретной деформации известен как сигнал взрывного (импульсного) типа. Такой сигнал обладает резким передним фронтом и медленным затуханием.
- ✓ Импульсные сигналы варьируются в широких пределах по форме, размеру и скорости генерации в зависимости от типа структуры и условий испытаний.
- ✓ При большой скорости генерации сигналов, индивидуальные импульсные сигналы могут перекрываться и формировать непрерывную эмиссию.

Уровень порога определяется в зависимости от конкретных условий контроля. Пороговый уровень необходим для устранения низкоамплитудных шумовых сигналов, но лучше не задирать его слишком сильно, чтобы не потерять много информации.

# Измеряемые параметры сигналов АЭ

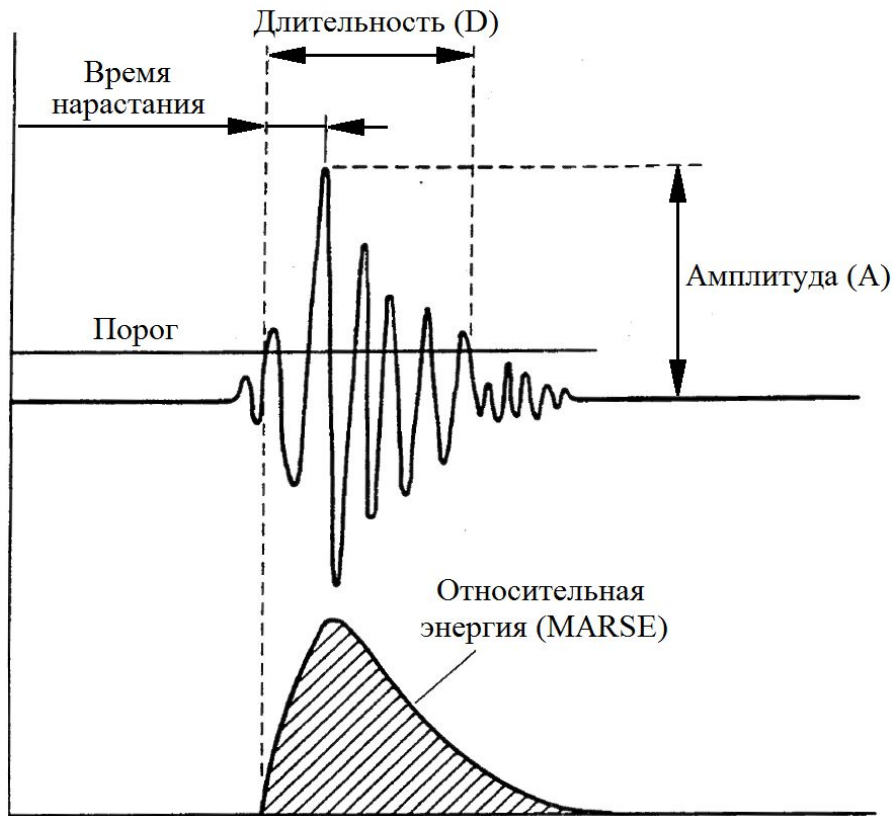


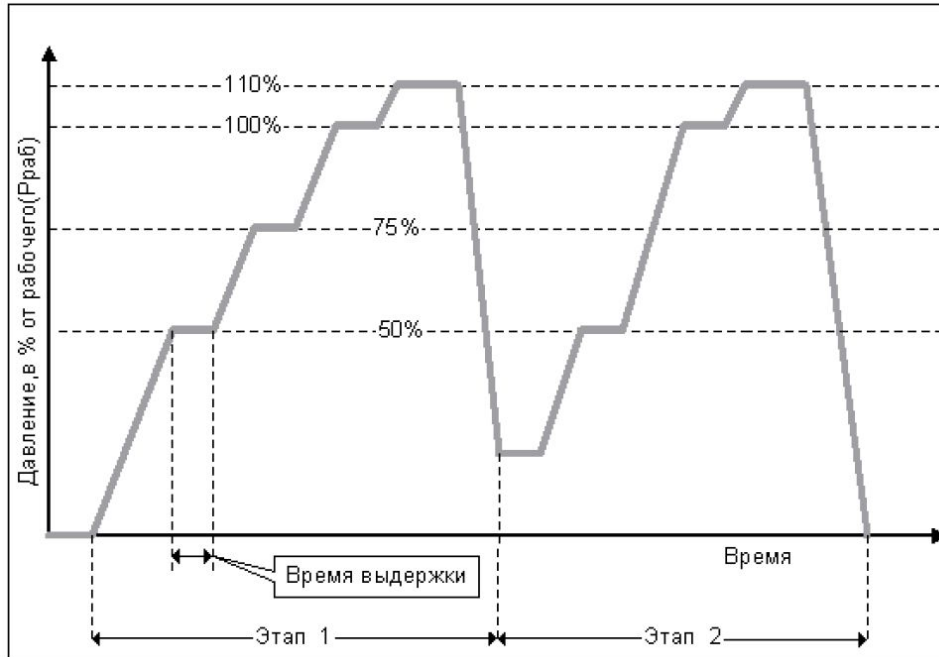
Иллюстрация стандартного набора параметров АЭ

## Измеряемые параметры сигналов АЭ:

1. **Амплитуда** ( $A$ ,  $B$ ) – максимальное значение напряжения сигнала.
2. **Число осцилляций** – количество превышений сигналом установленного порога.
3. **MARSE** - площадь под огибающей сигнала (аналог энергии импульса).
4. **Длительность** ( $D$ , мкс) – это полное время, начиная от пересечения сигналом порога, заканчивая уходом его под порог.
5. **Время нарастания сигнала** ( $R$ , мкс) – это время от первого пересечения сигналом порога до достижения максимальной амплитуды сигналом.

# Контроль методом АЭ в промышленных условиях

ПБ 03-593-03 «Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов»



✓ Скорость нагружения  $P_{\text{раб}} \setminus 60 \dots P_{\text{раб}} \setminus 20$  в минуту.

✓ Максимальное значение давления 110-120 % от рабочего.

*Эффект Кайзера* – повторное достижение давлением значения предыдущего максимума характеризуется отсутствием АЭ при отсутствии активных источников (трещин).

Цикл нагружения КО согласно ПБ 03-593-03

# Преимущества и недостатки метода АЭ

## Основные преимущества:

- ✓ интегральность – возможность использования нескольких преобразователей для оценки состояния всего объекта за один цикл нагружения;
- ✓ требуется доступ только к некоторым участкам КО (а не ко всему объекту);
- ✓ высокая чувствительность выявления развивающихся дефектов (по расчетным оценкам возможно контролировать подрастание трещины на 1 мм);
- ✓ возможность определения координат дефектов.

## Основные недостатки:

- ✓ требование нагружения КО;
- ✓ активность АЭ зависит от материала и акустического контакта;
- ✓ высокая помехочувствительность (электромагнитные наводки, посторонние механические источники и др.);
- ✓ контроль не позволяет оценивать размеры дефекта;
- ✓ необходимость систем обработки информации;
- ✓ требуется высокая квалификация оператора.

*Пример результатов, полученных при контроле механических свойств упрочняющих покрытий с использованием метода АЭ*

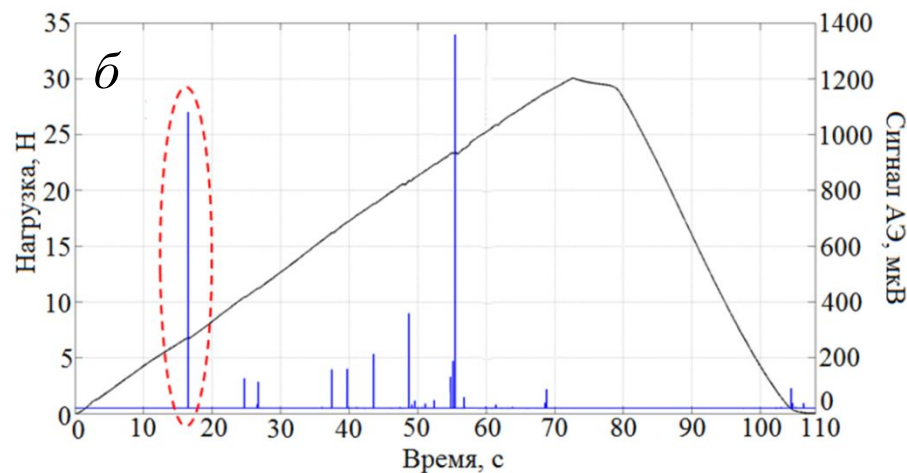
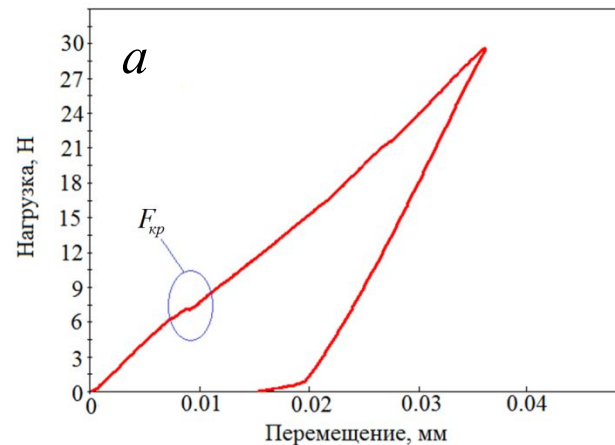
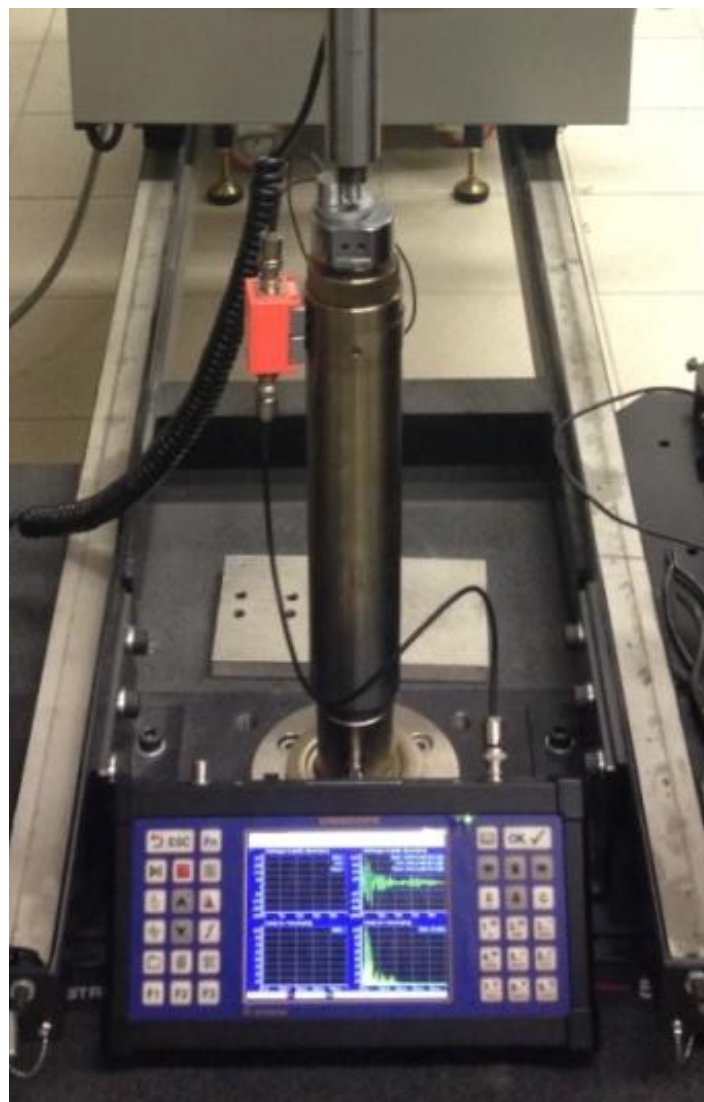
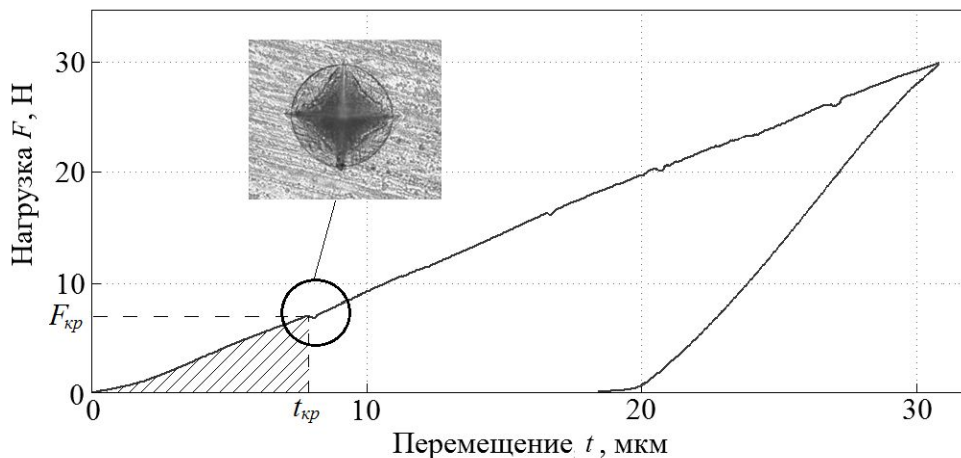


Диаграмма вдавливания пирамидального индентора в координатах «нагрузка – перемещение индентора» (а), диаграмма в координатах «нагрузка – время» с наложением сигналов АЭ (б)

Установка Instron для испытаний покрытий кинетическим индентированием с использованием метода АЭ

## Пример результатов, полученных при контроле механических свойств упрочняющих покрытий с использованием метода АЭ



Кинетическая диаграмма вдавливания пирамиды Виккерса в покрытие из TiN

Абсолютная работа упругопластической деформации  $W_{кр}$  :

$$W_{кр} \approx \frac{F_{кр} \cdot t_{кр}}{2}$$

Удельная работа упругопластической деформации  $\omega_{кр}$  :

$$\omega_{кр} = \frac{W_{кр}}{V_{кр}} = 0,0612 \left( \frac{F_{кр}}{t_{кр}^2} \right)$$

*Результаты экспериментальной оценки сопротивления образованию первой видимой трещины некоторых покрытий на основе TiN кинетическим индентированием*

Номер покрытия	$F_{кр}^2$ , Н	$t_{кр}^2$ , мкм	$V_{кр}^2$ , мм <sup>3</sup>	$W_{кр}^2$ , Дж	$\omega_{кр}^2$ , Дж/мм <sup>3</sup>
1	6,70	7,4	$3309,5 \cdot 10^{-9}$	$2,48 \cdot 10^{-5}$	7,49
2	0,83	1,7	$40,1 \cdot 10^{-9}$	$7,06 \cdot 10^{-7}$	17,61
3	1,47	1,8	$47,6 \cdot 10^{-9}$	$1,32 \cdot 10^{-6}$	27,73
4	1,86	3,2	$267,6 \cdot 10^{-9}$	$2,98 \cdot 10^{-6}$	11,14
5	1,27	4,0	$522,7 \cdot 10^{-9}$	$2,54 \cdot 10^{-5}$	4,86



# Пример результатов, полученных при контроле развития усталостной трещины в металле методом АЭ

