

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АЭ ИСПЫТАНИЙ

Комаров А.Г.

ООО «ИНТЕРЮНИС»

34105@iu.expert

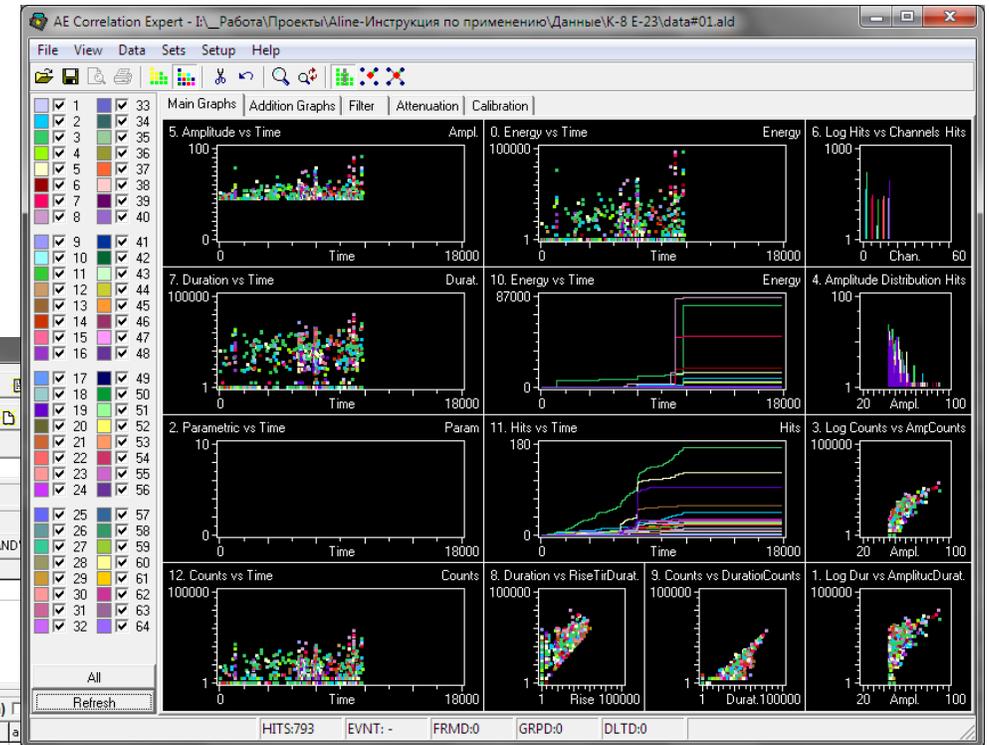
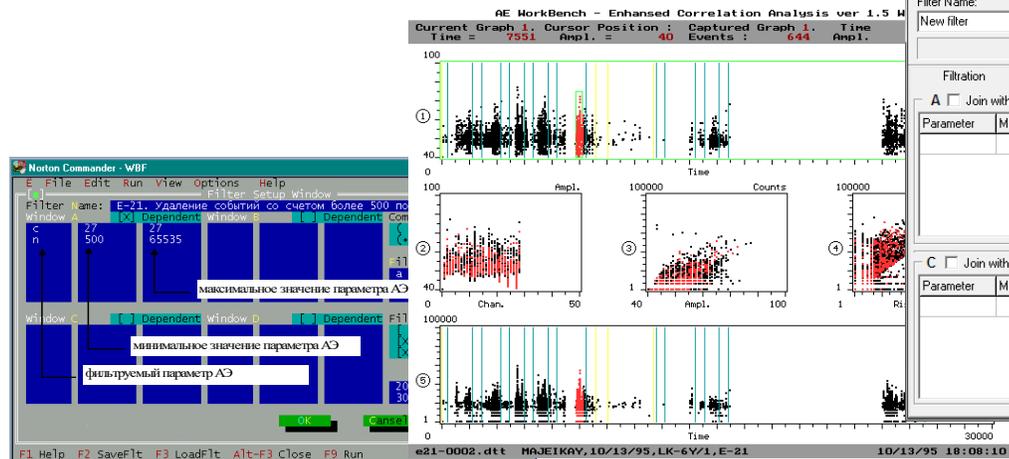
# Проблемы обработки данных АЭ испытаний

- Данные собраны несовместимыми АЭ системами
- Трудно сравнить данные разных испытаний
- Ограничения поставляемого с АЭ системой программного обеспечения
- Обработка данных – кропотливый процесс и нужен удобный, наглядный, быстрый, протоколируемый инструмент анализа/обработки/представления информации
- Отсутствие настраиваемых, гибких инструментов оценки результатов АЭК

# История вопроса: 1992-настоящее время

## AE Workbench:

- AE Correlation Expert
- AE Post Expert
- Утилиты перекодировки

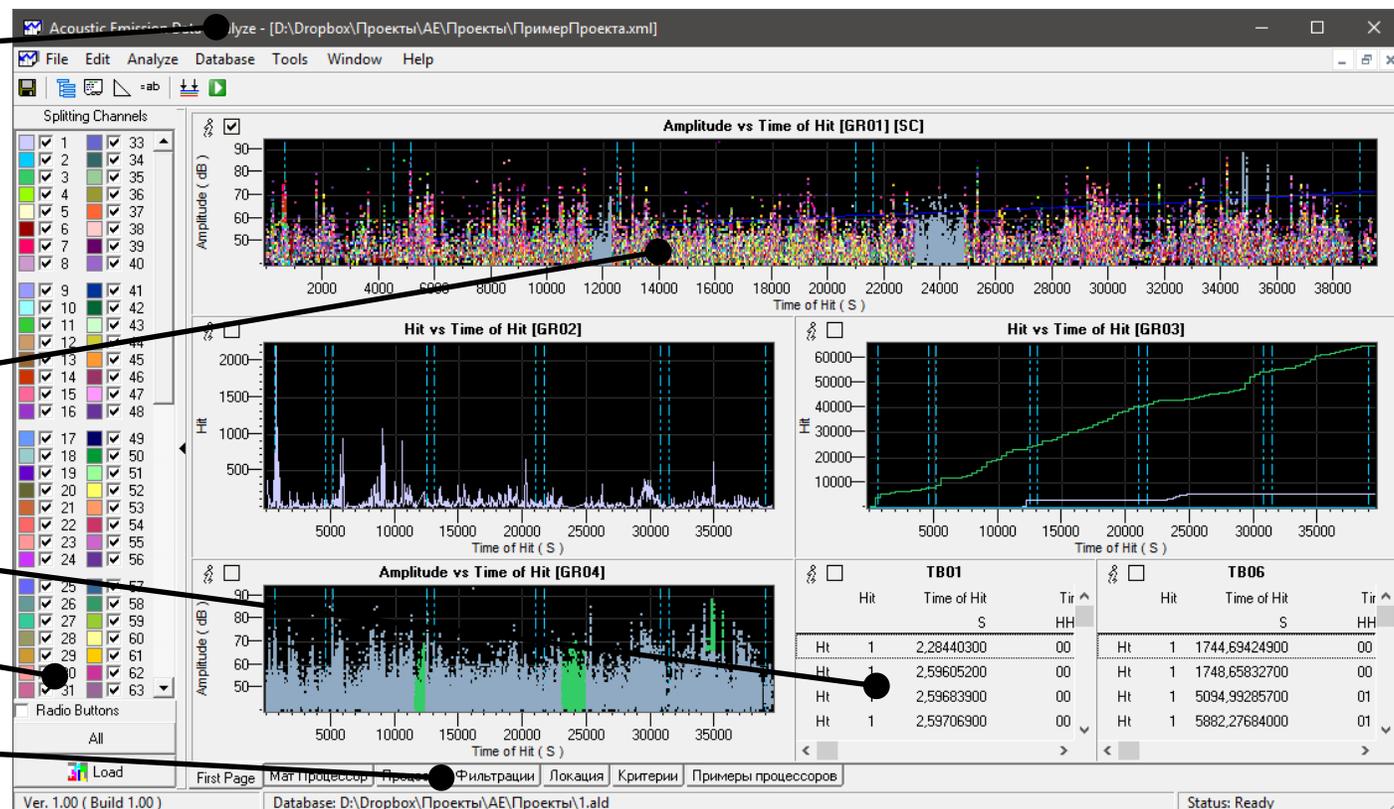


# AE Workbench for Windows

- Прозрачная работа с данными наиболее распространенных АЭ систем: INTERUNIS, PAC
- Диаграммы точечные, линейные, гистограммы
- Гибкое отображение, выделение и группировка данных
- Выявление анализ связей основных параметров регистрируемых событий
- Графическая фильтрация с протоколированием
- Работа с АЭ событиями, оценка по ЛД критерию, ASME, Severity, Historic Index
- Мощная фильтрация, в том числе по выражениям, по событиям, фильтрация механических помех

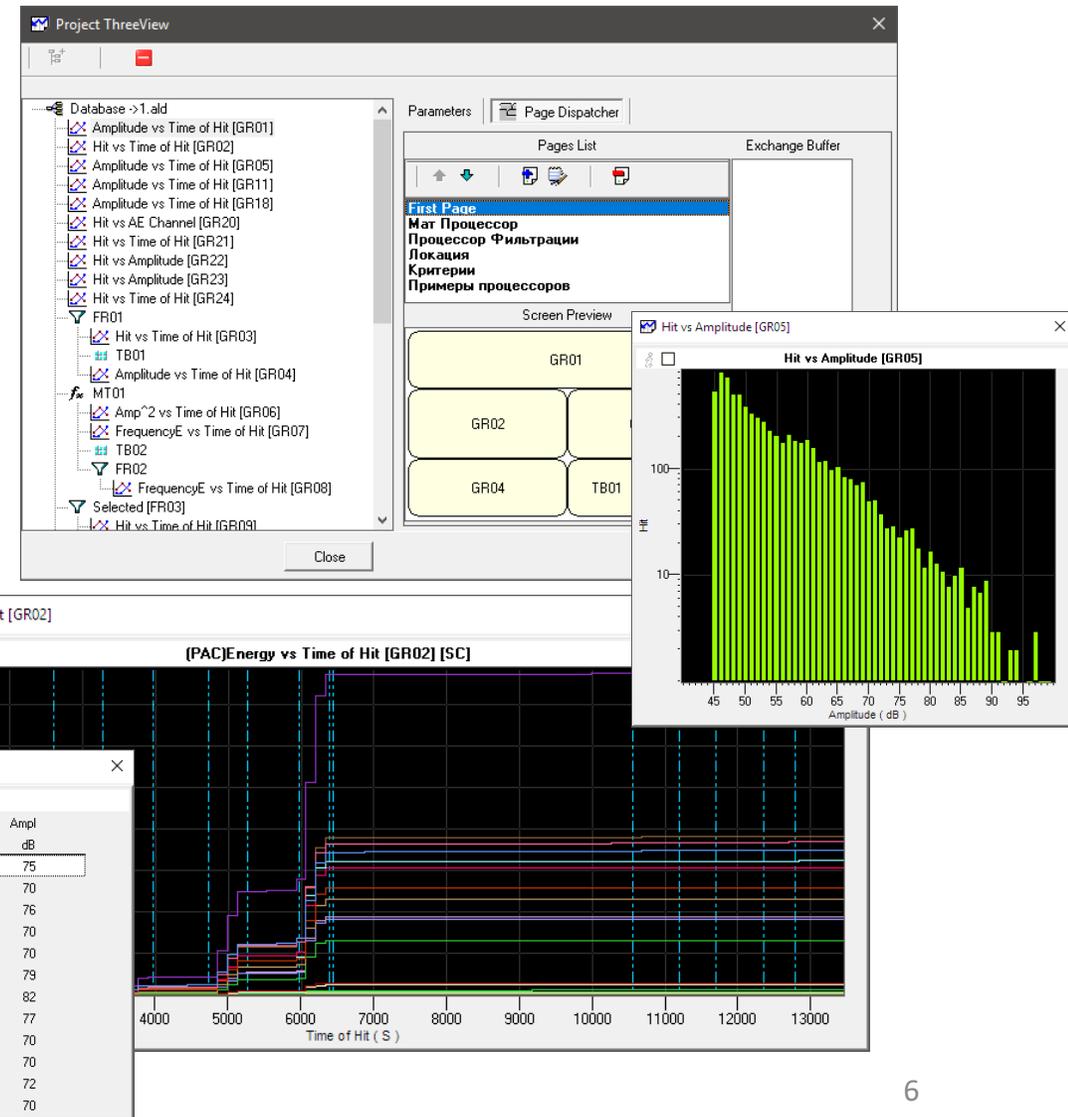
# Настоящее время – пакет AEDA (Acoustic Emission Data Analyzer)

- Данные:
  - PAC: Spartan, DiSP
  - INTERUNIS: A-Line32D
  - Vallen Systeme: AMSY-6
- Диаграммы
- Таблицы
- Панель каналов
- Закладки



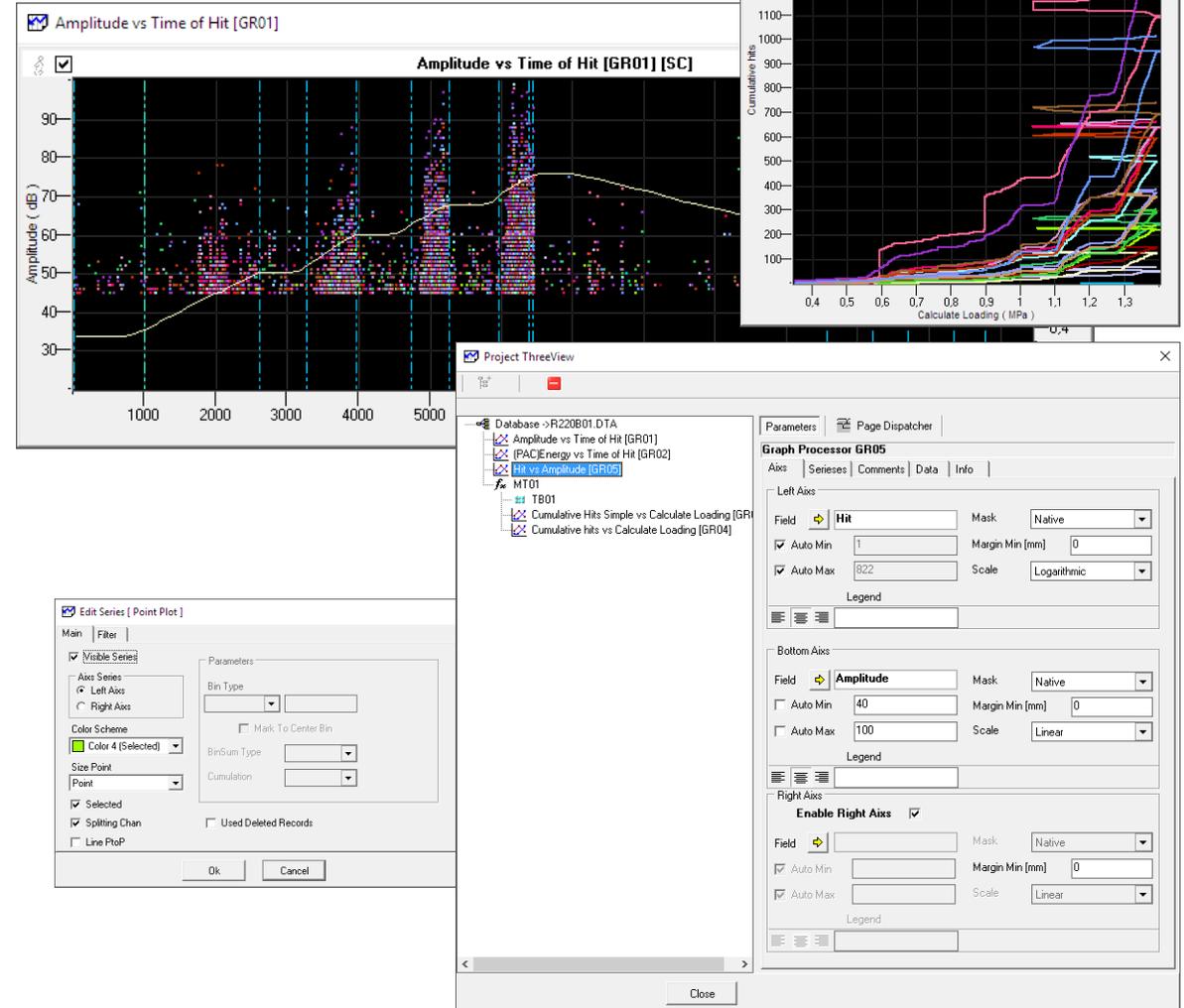
# Дизайн страницы и проект обработки данных

- MDI - Многодокументный интерфейс.
- Полный набор параметров соответствующей АЭ системы.
- **Конструктор** экрана: Фиксируемое расположение и пропорции окон на рабочем пространстве.
- **Дерево проекта** представляет собой иерархическую структуру, корнем которой является исходный файл данных, ветками – процессоры, а диаграммы и таблицы различного типа – элементами визуализации.



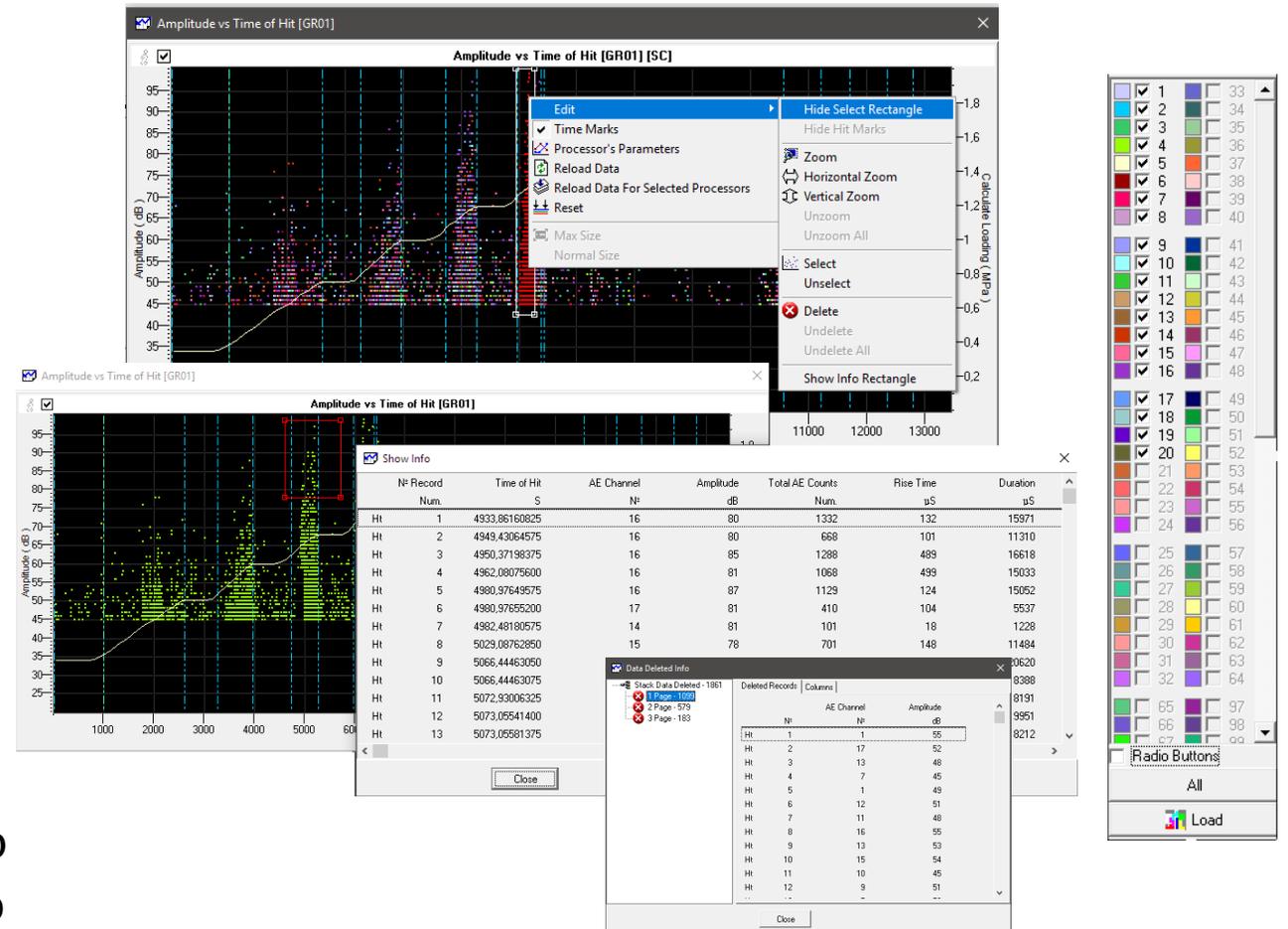
# Отображаемые данные

- Диаграммы и таблицы отображают как исходные данные, так и любые результаты работы процессоров.
- Диаграммы имеют горизонтальную, одну или две вертикальные оси линейного или логарифмического типа с автоматическим или принудительным назначением значений. Тип отображения (точечный, линейный, гистограмма) задается соответствующими сериями, которых может быть несколько, разного типа. Каждая серия имеет также фильтр, позволяющий ограничить или отметить цветом, формой точек отображаемые данные.
- Диаграммы и таблицы могут быть «откреплены» от рабочего стола (кнопка «i»), например, для сравнения с данными другого файла.



# Панель каналов и инструменты оперативного анализа/обработки данных

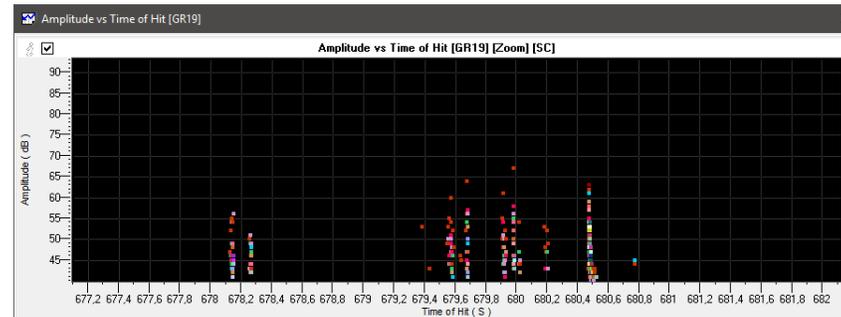
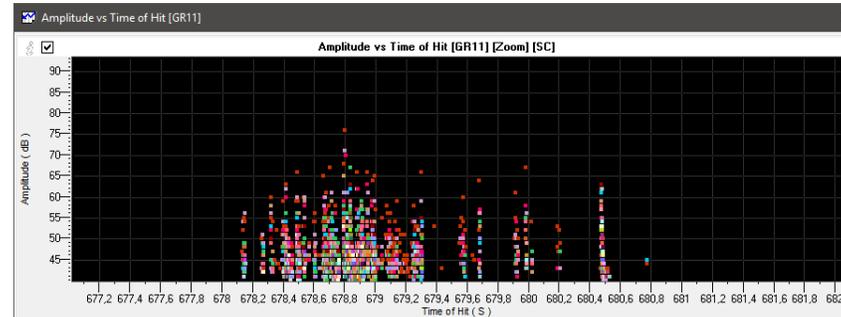
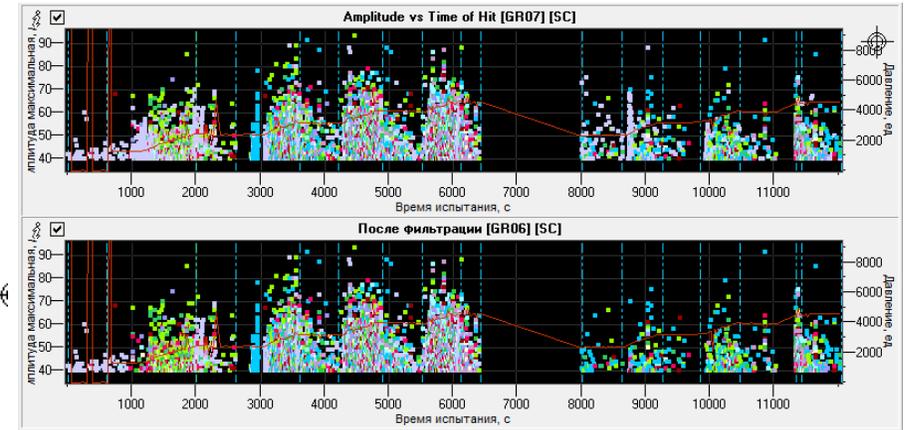
- Ограничение отображения группой выбранных или индивидуальными каналами
- Лупа (увеличение по любым осям)
- Выбор данных (атрибут Selected)
- Отображение выделенных записей на других диаграммах и в таблицах
- Информация о выделенных данных
- Отображение выделенных в таблице записей на диаграммах
- Удаление выделенных записей (атрибут Deleted)
- Стек удаленных данных с возможностью просмотра и восстановления как любого фрагмента, так и отдельной записи



# Процессоры фильтрации

- Ограничивает поток данных в соответствии с заданными условиями.
- Позволяет формировать сложные выражения как включающей, так и исключающей типа с помощью логических операторов И, ИЛИ, НЕ.
- Работает в т.ч. с данными других процессоров, с атрибутами оперативной обработки.
- Имеет возможность сохранения результатов фильтрации в файле.
- Может работать с первыми импульсами событий
- Turn Off Filter Processor – фильтр механических помех, исключает данные ДО и ПОСЛЕ искомого импульса, включая и сам импульс. Время задается в микросекундах.

```
NOT ( OR  
  [ AND ]  
    AE Channel = 1  
    Time of Hit >= 1000  
    Time of Hit <= 2000  
  [ AND ]  
    AE Channel = 1  
    Time of Hit >= 8000  
    Time of Hit <= 9000
```



Turn Off Filter Processor OF01

Filter | Comments | Tools

Enable Filter

Delta Time Before[us]: 500000

Delta Time After[us]: 500000

[AND]

- Amplitude >= 70
- AE Channel = 7

# Процессор локации - каналы

- **Процессор локации** предназначен для работы с потоком данных по событиям, с реализацией механизма зонной локации. Извлечение событий происходит с учетом назначений, определенных в списке каналов. Каждый канал принимает одну из ролей:
  - **нормальный** – может быть первым и любым последующим импульсом события.
  - **блокирующий** – события, начинающиеся с этого канала отбрасываются и далее никак не обрабатываются. Если канал является не первым в событии, то он отбрасывается.
  - **комбинированный** - события, начинающиеся с этого канала отбрасываются и далее никак не обрабатываются. Если канал является не первым в событии, то он присутствует в списке импульсов события.
  - **неиспользуемый** – не рассматривается при выделении событий, не отображается и не обрабатывается никакими диаграммами или процессорами, которые работают с событиями.
- Разделение данных на события реализуется в соответствии с одним из подходов – PAC и Vallen Systeme.
- После локационного процессора импульсы получают одну из следующих категорий:
  - Категория 1 - первые импульсы событий;
  - Категория 2 - значимые импульсы события - импульсы, регистрируемые между первым импульсом и окончанием МРТ, до 9 импульсов;
  - Категория 3 – остальные импульсы события, регистрируемые между первым импульсом и окончанием МРТ;
  - Категория 4 – импульсы, зарегистрированные между окончанием МРТ и LOCKOUT.

TB04																	
	N° Record	Hit In	Event	Type	Hit In	Event	Index	Time of Hit	AE Channel	Amplitude	Hits In	dT 1st - Last	dT 1st - Hit	2nd hit Chan	dT 1st - 2nd	2nd hit Ampl	dT 1st - 3rd
	Num.							S	N°	dB	Num.	µS	µS	N°	µS	dB	µS
Fh	454		1		1			206.85608400	56	76	29	2041,00	0,00	57	599,00	68	847,00
Ht	455		2		2			206.85668300	57	68			599,00				
Ht	456		2		3			206.85693100	55	71			847,00				
Ht	457		2		4			206.85698600	49	69			902,00				
Ht	458		2		5			206.85718900	48	60			1075,00				
Ht	459		2		6			206.85756400	58	66			1480,00				
Ht	460		2		7			206.85767300	50	65			1589,00				
Ht	461		2		8			206.85802700	62	60			1943,00				
Ht	462		2		9			206.85812500	47	61			2041,00				
Ht	463		3		10			206.85838500	40	66							
Ht	464		3		11			206.85873900	39	66							

# Процессор локации - параметры

После ПЛ имеется доступ к следующим параметрам:

**TypeLocHit** - категория импульса в событии (1-4)

**IdxLocHit** - индекс (номер) импульса в событии

**SIGS** - количество импульсов в событии

**DT1L** - разница времени между первым и последним импульсом

**Chan1...Chan9** - канал первого...девятого импульса события

**DT1C** - разница времени между первым и текущим импульсом события (для первого равно 0)

**DT12...DT12** - разница времени между первым и вторым ...девятым импульсом

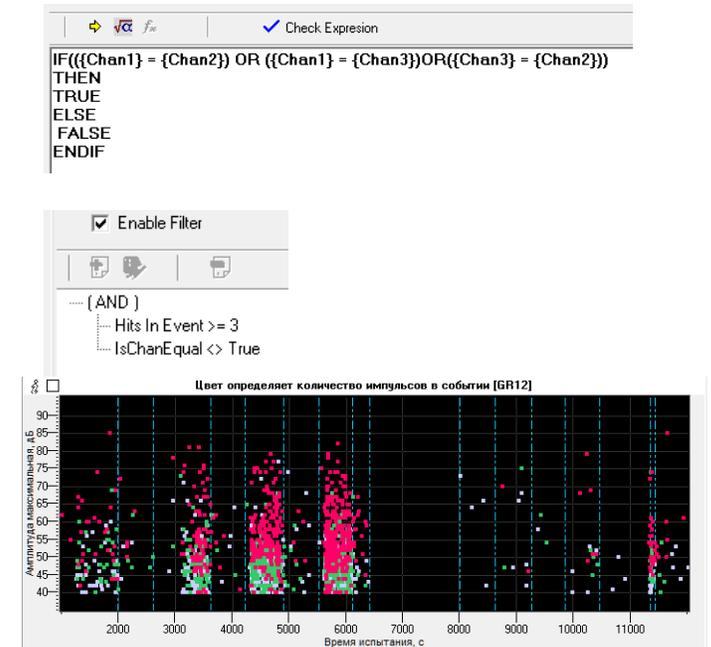
**Ampl2...Ampl9** - амплитуда второго...девятого импульса события

Все параметры могут использоваться при фильтрации.

Пример: вывод событий, в которых не менее 3-х импульсов, причем с неодинаковыми каналами.

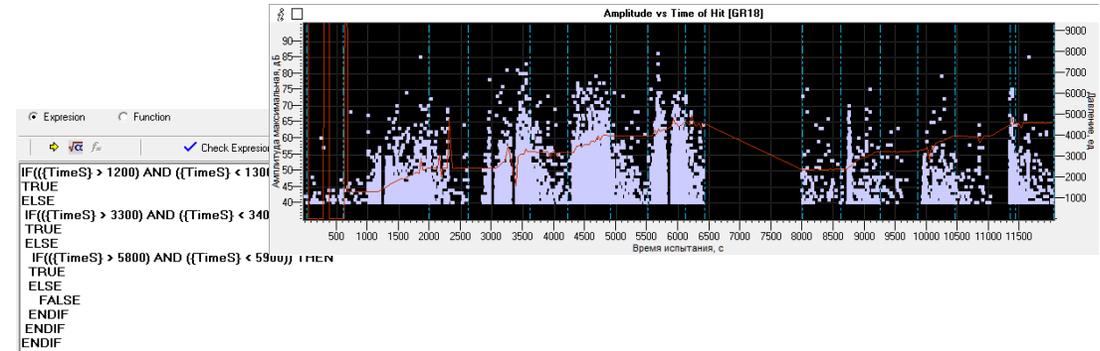
В примере применен математический процессор, процессор фильтрации и управление сериями.

✓	SIGS	Hits In Event[Num.]
✓	DT1L	Delta Time 1 To Last Hit[μS]
	Chan1	AE Channel 1 Hit[Nº]
✓	Chan2	AE Channel 2 Hit[Nº]
	Chan3	AE Channel 3 Hit[Nº]
	Chan4	AE Channel 4 Hit[Nº]
	Chan5	AE Channel 5 Hit[Nº]
	Chan6	AE Channel 6 Hit[Nº]
	Chan7	AE Channel 7 Hit[Nº]
	Chan8	AE Channel 8 Hit[Nº]
	Chan9	AE Channel 9 Hit[Nº]
✓	DT1C	Delta Time 1 To Hit[μS]
✓	DT12	Delta Time 1 To 2 Hit[μS]
✓	DT13	Delta Time 1 To 3 Hit[μS]
	DT14	Delta Time 1 To 4 Hit[μS]
	DT15	Delta Time 1 To 5 Hit[μS]
	DT16	Delta Time 1 To 6 Hit[μS]
	DT17	Delta Time 1 To 7 Hit[μS]
	DT18	Delta Time 1 To 8 Hit[μS]
	DT19	Delta Time 1 To 9 Hit[μS]
✓	Amp2	Amplitude 2 Hit[dB]
	Amp3	Amplitude 3 Hit[dB]
	Amp4	Amplitude 4 Hit[dB]
	Amp5	Amplitude 5 Hit[dB]
	Amp6	Amplitude 6 Hit[dB]
	Amp7	Amplitude 7 Hit[dB]
	Amp8	Amplitude 8 Hit[dB]
	Amp9	Amplitude 9 Hit[dB]
✓	IdxLocHit	Hit In Event Index
✓	TypeLocHit	Hit In Event Type



# Математический процессор

- Позволяет определять новые типы параметров, которыми можно оперировать так же, как и встроенными (такими как Амплитуда, Длительность и т.п.).
- Параметр может быть целым, вещественным, логическим или строковым.
- Получение нового параметра может быть реализовано как **Функция** или как **Выражение**.
- В качестве аргументов функций или переменных выражений могут использоваться исходные параметры или результаты работы процессоров, в том числе, и самого МП.
- **Функция** предполагает использование ряда стандартных функций с достаточно сложной внутренней реализацией: MIN, MAX, Average, Sum, Deviation, Ratio, Product, Summa, Power, Lg, Ln, Severity, HistIndex, Prev, Next.
- Если функция выполняет действие, относящееся к нескольким записям (например, MAX), то возможна группировка результатов по каналам.
- Если результат относится к параметрам одной записи (RiseTime/Duration), то группировка не выполняется.

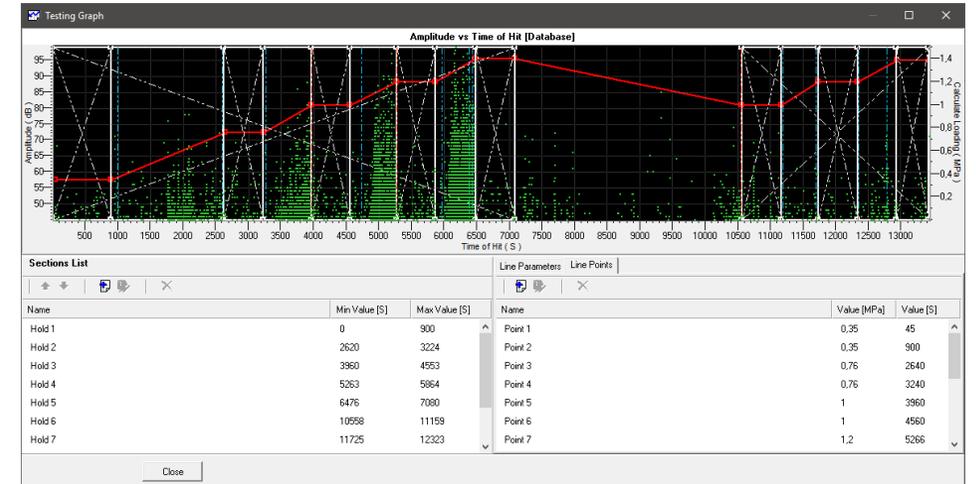


**Выражение** позволяет формировать выражение из имеющихся параметров записи, пример - частота реверберации импульса:  $\{Count\}/(\{Durat\}-\{Rise\})$ . Выражения позволяют использовать основные математические действия, скобки, логические условия.

МП после процессора локации работает с первыми импульсами событий.

# Процессор критериев - философия

- Философия процессора критериев – ПК позволяет группировать результаты оценки данных по каждому каналу в соответствии с настраиваемым набором критериев.
- ПК использует окно «Ход испытания». Здесь задаются периоды испытания – выдержки, нагружения, нагружение от одного до другого давления и т.п. В качестве «подложки» может быть задана любая диаграмма, при условии, что горизонтальная ось – ось времени, и серия имеет точечный тип. Здесь же может быть принудительно задана линия нагружения.
- Выход ПК – как правило – таблица. После ПК традиционные данные уже недоступны. Испытание представлено результатами ПК, группированными по каналам. Т.е. для использования данных локации ПК должен располагаться за процессором локализации.



# Процессор критериев – простой пример

- **Пример реализации критериев:** реализация одного из критериев кода ASME/MONPAC – количество событий высокой амплитуды (> 65 дБ). Реализуем его для повторного нагружения.
- Определим в окне «Ход испытания» период (секцию) повторного нагружения.
- Зададим в ПК критерий BigAmplInt типа Integer. Зададим для него период повторного нагружения, фильтр (Ampl > 65 дБ), функцию – суммирование импульсов. Остальное – по умолчанию.
- В таблице, определенной после ПК, задается канал и критерий BigAmplInt. В результате получаем в таблице количество зарегистрированных событий с Амплитудой более 65 дБ по каждому каналу.
- Этот же критерий другим способом: определим все так же, как в предыдущем случае, но определим «вес» каждого диапазона значений событий выше 65 дБ – результат третий столбец
- Третий вариант – зададим критерий как логический (Boolean). В этом случае если по каналу зарегистрировано хотя бы одно событие – результат – True (см. четвертый столбец).
- Один критерий (расположенный ниже по списку) может использовать данные предыдущего(щих) критерия . Зададим новый критерий (BigAmplBool2) и ничего, кроме функции. Закроем критерий и снова откроем. Перейдем на страницу Result, определим результат как выражение и зададим это выражение. Результат – пятый столбец таблицы. В отличие от предыдущего пункта, если по каналу есть хотя бы одно событие с амплитудой более 65 дБ, то критерий нарушен (False), иначе – выполнен (True).
- Пятый вариант. Аналогично четвертому, но тип критерия – строковый и введены диапазоны значений. Можно гибко задать диапазоны и соответствующие строки вывода. Результат – в шестом столбце таблицы.

The screenshot displays the software interface for configuring and viewing criteria. At the top, a table titled 'TB08' shows test results for 11 channels. The columns are: AE Channel №, Amp > 65 Int, Amp > 65 Wght, Ampl > 65 Bool, Ampl > 65 Bool2, and Ampl > 65 String.

AE Channel №	Amp > 65 Int	Amp > 65 Wght	Ampl > 65 Bool	Ampl > 65 Bool2	Ampl > 65 String
1	9	10	True	False	Значительное нарушение
2	11	20	True	False	Сильное нарушение
3				True	Критерий выполнен
4	2	1	True	False	Незначительное нарушение
5				True	Критерий выполнен
6				True	Критерий выполнен
7				True	Критерий выполнен
8				True	Критерий выполнен
9	1	1	True	False	Незначительное нарушение
10				True	Критерий выполнен
11					

Below the table, there are two configuration windows. The first window, 'Edit String Criterion', shows a 'Result Type' of 'Expression' and a list of criteria with their corresponding values:

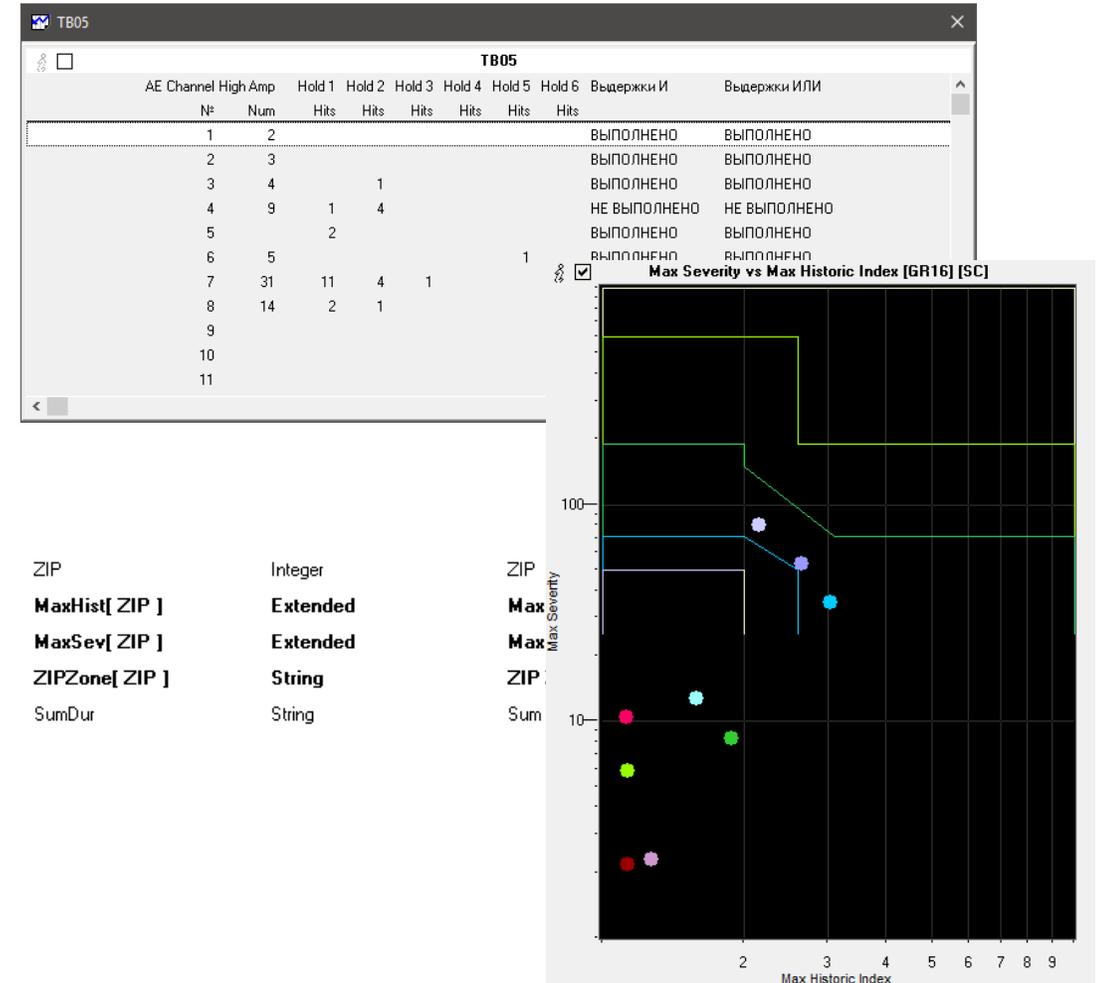
Criteria	Value
1. <	0
2. <=	1
3. <=	3
4. <=	10
5. >	20

The second window shows the logic for the 'Ampl > 65 String' criterion:

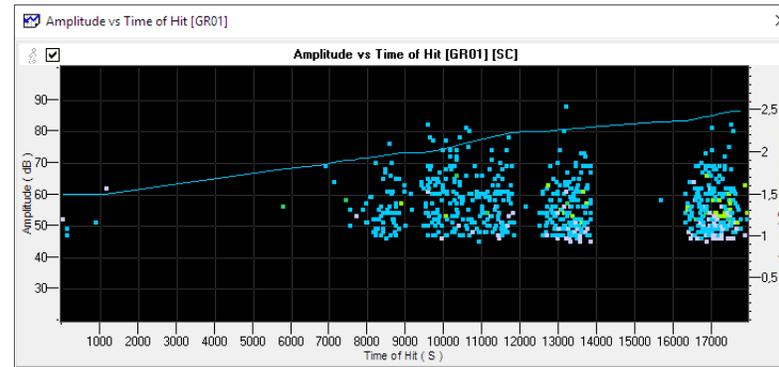
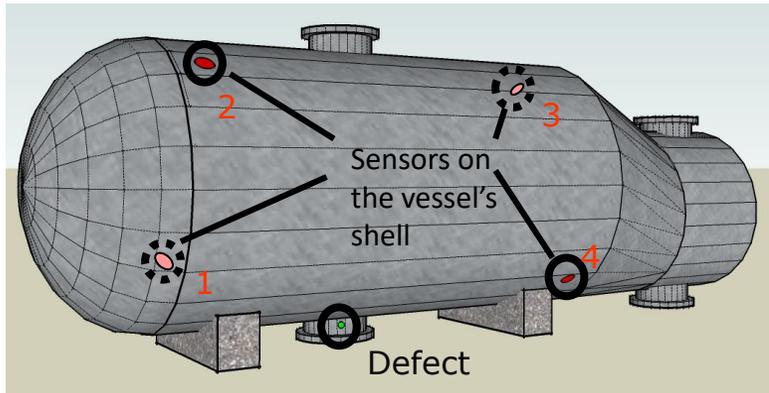
```
IF({BigAmplInt} = 0) THEN
"Критерий выполнен"
ELSE
IF({BigAmplInt} <= 2) THEN
"Незначительное нарушение"
ELSE
IF({BigAmplInt} <= 5) THEN
"Среднее нарушение"
ELSE
IF({BigAmplInt} <= 10) THEN
"Значительное нарушение"
ELSE
IF({BigAmplInt} > 10) THEN
"Сильное нарушение"
ENDIF
ENDIF
ENDIF
ENDIF
```

# Процессор критериев – примеры

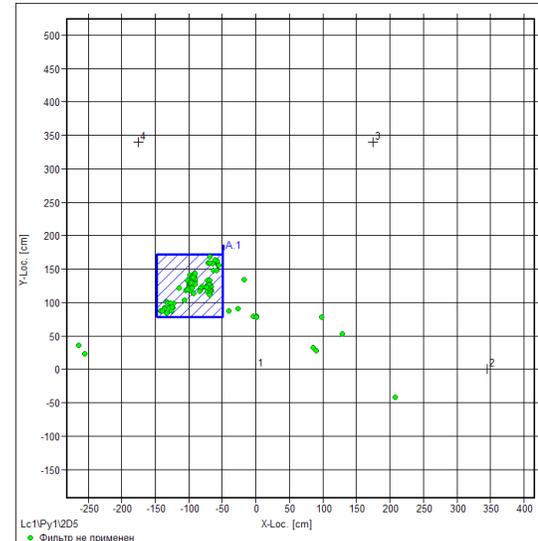
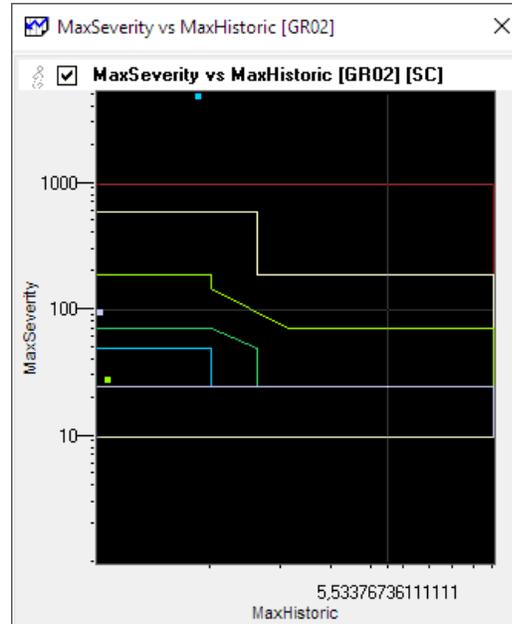
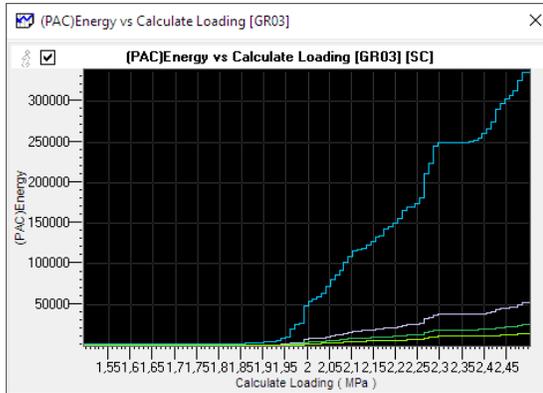
- Критерий может использовать данные не только одного, но и нескольких критериев. Простейший пример – интеграция нескольких критериев по выдержкам в один - общий.
- **Zonal Intensity Plot.** Критерий особого вида, оперирующий двумя показателями – Historic Index и Severity.
- Для их формирования необходимо определить (Процессором Фильтрации) время, на котором определяются эти показатели, задать их Математическим Процессором и определить на основе этих показателей критериальную функцию типа ZIP.
- Критериальная функция ZIP имеет специальный вид и определяет несколько результирующих параметров, а так как процессор критериев может вывести только один, нужно задать несколько т.н. связанных критериев – таких как, MaxSev[ZIP] и MaxHist[ZIP]. После этого на соответствующей диаграмме можно увидеть местоположение канала на диаграмме ZIP.
- Диаграмма ZIP, ее форма и области также могут быть гибко заданы в соответствии с применяемой АЭ системой, типом объекта, и видом испытания.



# Пример практического применения



Пример: результаты испытания теплообменника с выявленной трещиной в зоне термического влияния шва приварки штуцера Ду250. Параметры трещины – глубина – 5 мм, длина 20 мм



# Резюме

Программа Acoustic Emission Data Analyzer является мощным инструментом оценки данных, особенно с учетом Математического процессора и Процессора критериев, позволяя построить протоколируемое дерево анализа результатов контроля.

Использование пакета позволяет строить стандартизованные схемы анализа/оценки данных, с использованием существующих и вновь разрабатываемых критериев, улучшить качество обработки информации и ускорить процесс подготовки отчетных документов.

# Спасибо за внимание!

Вопросы, предложения

[34105@iu.expert](mailto:34105@iu.expert)

[www.aetest.ru](http://www.aetest.ru)