

Утверждаю

Декан ЭФФ

_____ Г.С. Евтушенко

« _____ » _____ 2008 г.

АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ. АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

Лабораторный практикум
к курсу «Акустико-эмиссионный метод контроля»
для студентов специальности 200102
«Физические методы и приборы контроля качества и диагностики»

Издательство
Томского политехнического университета
2008

УДК 620.179.17 (075.8)

Акустические методы контроля и диагностики. Акустико-эмиссионный метод контроля. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Акустико-эмиссионный метод контроля» для студентов специальности 200102 «Физические методы и приборы контроля качества и диагностики». – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 104 с.

УДК 620.179.17 (075.8)

Составитель: Оглезнева Л.А., Саженов А.П.

Рецензент: Павлов О.В.

Лабораторный практикум рассмотрен и рекомендован к изданию методическим семинаром кафедры ФМПК.

Зав. кафедрой ФМПК

д-р. техн. наук _____ О.А. Сидуленко

© Томский политехнический университет, 2008

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Знакомство с акустико-эмиссионной системой DISP и её настройка.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Исследование акустических свойств объекта контроля. Выбор схемы расстановки преобразователей АЭ	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Проверка работоспособности и чувствительности используемых каналов АЭ системы, калибровка системы локации, определение погрешности определения координат источников АЭ	35
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Процедура сбора и анализа данных акустико-эмиссионного контроля	70
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Оценка уровня опасности выявленных источников АЭ с использованием различных критериев	81
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Документальное оформление результатов АЭ контроля, технологической карты контроля	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Структура отчета по ЛР и правила его оформления	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Акустические единицы	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Технические характеристики оборудования лаборатории акустико-эмиссионного контроля и программы AEwin.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Протокол акустико-эмиссионного контроля	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Акт проверки акустико-эмиссионного комплекса	96
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Заключение по результатам акустико-эмиссионного контроля	97
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Форма инструкции / Технологической карты / акустико-эмиссионного метода контроля	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	102

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Знакомство с акустико-эмиссионной системой DISP и её настройка

Цель: приобретение практических навыков настройки, регулировки и применения акустико-эмиссионной (АЭ) системы DiSP.

Краткая характеристика объекта исследования

АЭ метод – метод контроля (испытаний), основанный на анализе параметров упругих волн, излучаемых при развитии дефектов в исследуемом объекте под действием нагрузки.

Большое значение для получения данных контроля, отражающих реальное состояние объекта во время АЭ испытания, играют правильно выбранные параметры настроек АЭ системы.

АЭ сигнал несёт информацию о состоянии объекта контроля. Рассмотрим основные параметры сигнала.

Вследствие многомодальности распространения, отражения, трансформации волн различных типов в твердом теле, затухания высокочастотных составляющих и резонансных свойств приёмной аппаратуры, сигналы АЭ, регистрируемые на выходе датчика, имеют вид радиоимпульса с затухающей по экспоненте амплитудой колебаний (рис. 1) [2].

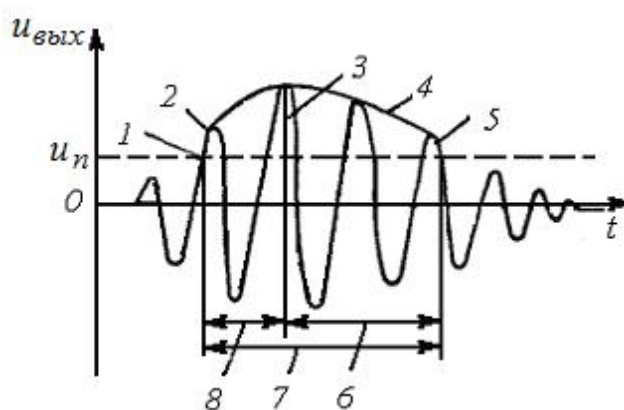


Рис. 1. Схематическое изображение сигнала АЭ на выходе преобразователя:
 u_n – уровень дискриминации (порог); 1 – время прихода; 2 – первый импульс;
3 – амплитуда u_m ; 4 – огибающая; 5 – последний импульс; 6 – время убывания;
7 – длительность сигнала (T); 8 – время нарастания (RT)

На рисунке изображен нецифрованный (аналоговый) сигнал в отсутствии фоновых помех. Видно, что сигнал состоит из множества отдельных

выбросов постепенно нарастающей и спадающей амплитуды. Он полностью описывается набором мгновенных значений амплитуда – время.

С другой стороны, удобно вводить интегральные характеристики каждого сигнала (время нарастания до максимума амплитуд, время спада до исчезновения под пороговым значением, огибающую сигнала, количество выбросов над порогом (счет), энергетические характеристики и т. д.). Обычное присутствие фоновых помех различного происхождения вынуждает ввести некий ненулевой уровень амплитуды сигналов, ниже которого сигналы считают шумами и не рассматривают, а этот уровень называют порогом.

Амплитуда сигнала АЭ (u_m) – максимальное значение электрического импульса АЭ. Принято выражать в децибельном (логарифмическом) масштабе, при этом 1 мкВ на выходе датчика принимается за 0 дБ, 10 мкВ – 20 дБ, 100 мкВ – 40 дБ и т. д. (пояснения к акустическим единицам приведены в прил. 2)

Длительность сигнала АЭ (T) – время между началом и концом сигнала АЭ. Начало и конец сигнала, как правило, отсчитываются на уровне $0,1 \cdot u_m$, где u_m – максимальное значение амплитуды сигнала АЭ. Если установлен порог по амплитуде, то по превышению этого порога u_n .

Порог (u_n) – величина напряжения на электронном компараторе, при котором сигналы с амплитудами большими, чем эта величина, могут быть зарегистрированы.

Порог может быть установлен фиксированный или плавающий (рис. 2) [2].

Плавающий порог применяется в условиях меняющихся помех высокого уровня. Когда выбран плавающий порог, при старте испытаний, порог будет изменяться на заданное значение дБ выше текущего значения СУС (средний уровень сигнала) для данного канала. Величина плавающего порога определяется:

$$u_{пл} = СУС \cdot u_n,$$

где $u_{пл}$ – величина плавающего порога, u_n – величина фиксированного порога.

Время нарастания импульса АЭ (Rise time – RT) – время между началом сигнала и максимальным значением сигнала.

Время спада импульса АЭ – время между максимальным значением импульса и концом сигнала.

Начало импульса АЭ – отмеченное начало импульса АЭ, определяемое как первое пересечение порога этим импульсом.

Конец импульса АЭ – отмеченное окончание импульса АЭ, определяемое как последнее пересечение порога этим импульсом.

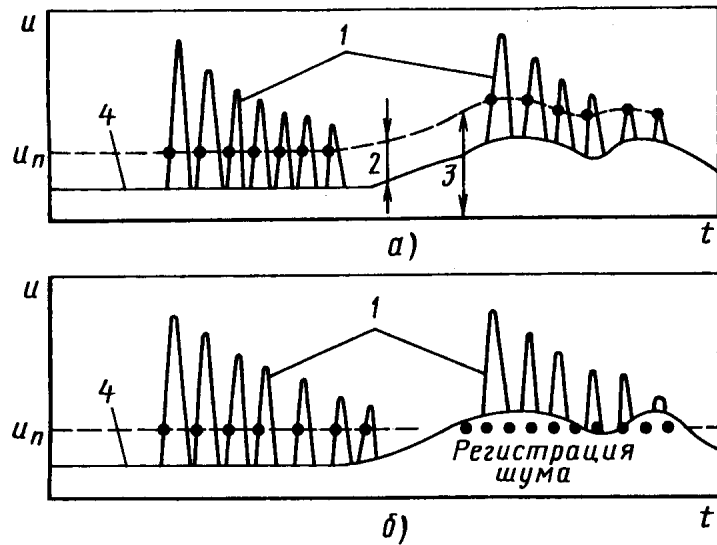


Рис. 2. Увеличение помехоустойчивости с использованием «плавающего» порога:
 а – регистрация выбросов при «плавающем» пороге;
 б – регистрация выбросов при фиксированном пороге;
 1 – выбросы АЭ; 2 – фиксированная граница;
 3 – плавающий порог; 4 – уровень шума

MARSE (*Measured Area of the Rectified Signal Envelope*) – параметр, известный также как измеренная площадь под огибающей сигнала.

Для правильного отображения интегральных характеристик сигнала необходимо задать ряд временных параметров, позволяющих вычислить эти характеристики. Источником для этого служат осцилограммы форм волны в объекте контроля или заранее изученные типичные формы волн для классов объектов.

Параметры *Интервал контроля пика (ИКП)*, *интервал контроля длительности сигнала (ИКД)*, *интервал контроля конца сигнала (ИКК)* являются временными параметрами процесса измерения сигнала АЭ.

ИКП определяет корректность идентификации пика сигнала для измерения времени нарастания и амплитуды и предназначен для правильного выделения максимального значения амплитуды сигнала. Этот интервал начинает отсчитываться в канале всякий раз, когда сигнал достигает локального максимума. Если в течении интервала уровень сигнала превысит предыдущий уровень, то фиксируется новый локальный максимум и интервал ИКП начинает отсчитываться сначала. Если превышение максимального уровня не происходит, то последний локальный максимум принимается за амплитуду сигнала. На рис. 3 показаны примеры влияния ИКП на результаты измерения параметров сигнала. В первом случае величина ИКП позволила измерить два амплитудных пика (амплитуду пика и максимальную амплитуду), во втором – один.

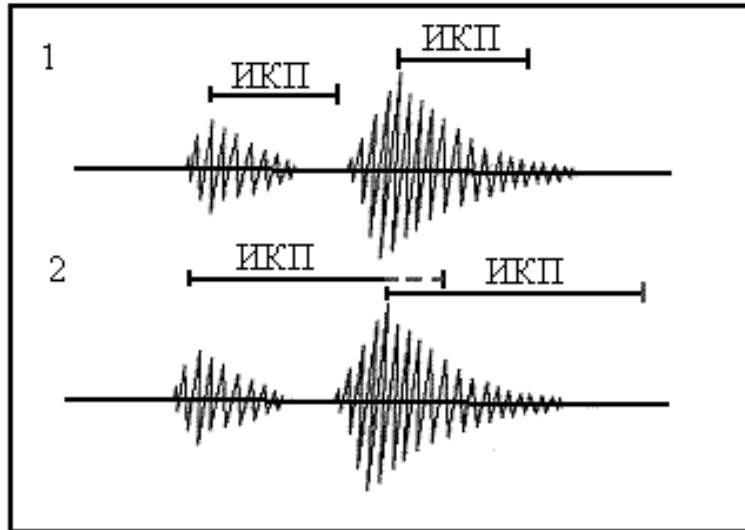


Рис. 3. Влияние величины ИКП на результат измерения параметров сигнала

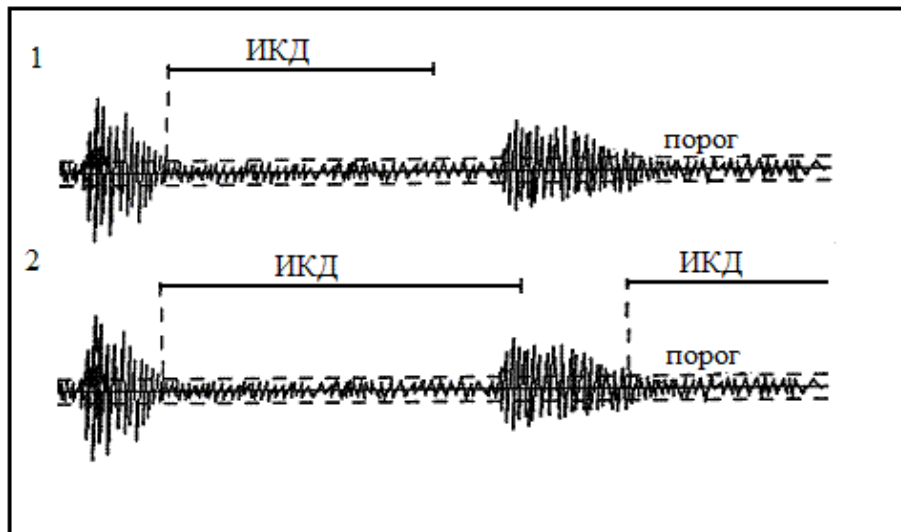


Рис. 4. Влияние величины ИКД на результат измерения параметров сигнала

ИКД служит для отделения одного сигнала от другого. ИКД начинает отсчитываться в момент ухода сигнала под порог. Если в течении интервала ИКД сигнал вновь не превысит порог, то момент начала последнего отсчёта ИКД считается концом сигнала. На рис. 4 показан пример влияния ИКД на параметры сигнала. В первом случае величина ИКД выбрана правильно. Во втором случае величина ИКД завышена, что привело к включению в измеренный сигнал второго сигнала. ИКД для «правильных» АЭ сигналов должна быть больше ИКП. Правильный выбор ИКД дает уверенность в том, что сигнал АЭ в конструкции будет зарегистрирован данным каналом один и только один раз. При соответствующем

щем выборе ИКД можно избежать регистрации ложных сигналов на «хвосте» сигналов АЭ и тем самым увеличить скорость сбора данных.

ИКК служит для задания времени блокировки сбора данных каналом после регистрации конца сигнала АЭ.

Часто акт АЭ порождает в каждом канале системы последовательность сигналов, которая обусловлена отражениями волны напряжения от границ конструкции, приходом на приёмник волн, несколько раз обогнувших замкнутую конструкцию, и т. д. Поэтому, требуется интервал «мёртвого» времени, за который эти процессы прекратятся. Этой цели и служит ИКК.

ИКК вводится в действие каждый раз после ухода сигнала под порог так же как и ИКД. Разница заключается в том, что по истечении интервала ИКД прекращается изменение параметров сигнала, а по окончании отсчёта ИКК снимается блокировка в канале и с этого момента возможна регистрация следующего сигнала. Поэтому ИКК должен быть больше ИКД.

Структура АЭ системы и настройка основных параметров контроля

На рис. 5 приведены схемы применения АЭ систем на объектах контроля.

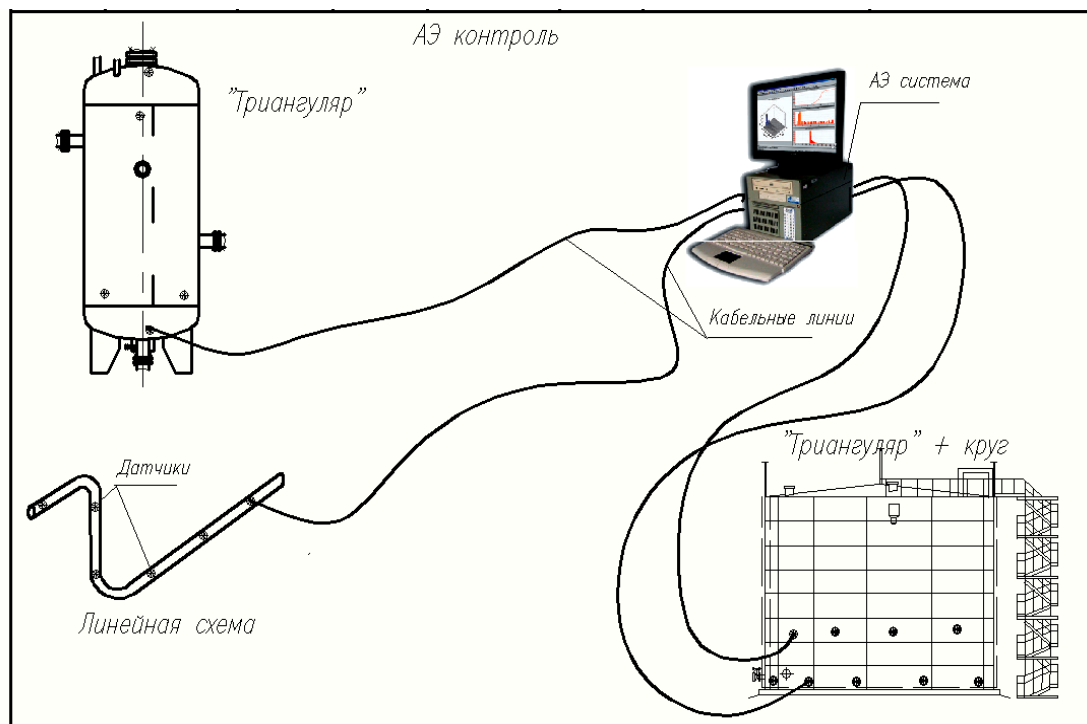


Рис. 5. Схемы применения АЭ систем на объектах контроля

Аппаратура АЭ представляет собой акустико-электронные устройства, которые используются при выполнении АЭ контроля процесса образования, наличия и процесса развития дефектов в контролируемом объекте.

Метод АЭ относится к акустическому виду контроля и является пассивным методом. Это определяет структуру аппаратуры, основными задачами которой являются приём и идентификация сигналов АЭ, их усиление, обработка, выделение и определение значений параметров сигналов, регистрация и предоставление информации. В состав аппаратуры входят следующие блоки:

- преобразователи АЭ;
- предварительные и основные усилители;
- средства идентификации и обработки сигналов, включая пороговые устройства, устройства выделения и измерений параметров сигналов АЭ, устройства регистрации и представления информации;
- средства измерения вспомогательных параметров;
- контроллеры;
- ЭВМ.

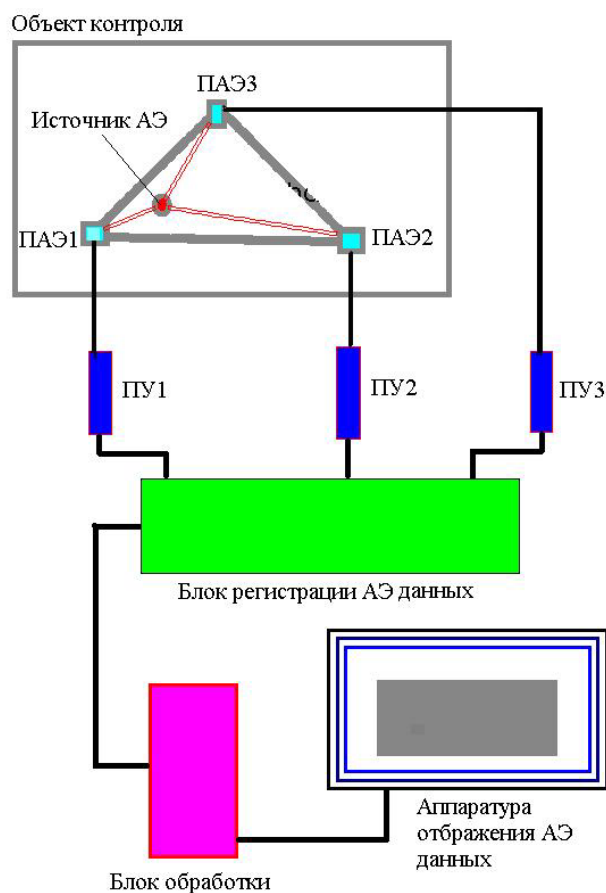


Рис. 6. Схема АЭ контроля

На рис. 6 приведена схема АЭ контроля. Механические колебания преобразуются в электрические сигналы в преобразователе (ПАЭ). Затем сигнал усиливается предварительным усилителем, попадая в блок регистрации АЭ данных, фильтруется и усиливается основным усилителем, оцифровывается. Данные обрабатываются, записываются и сохраняются в памяти компьютера (блок обработки).

АЭ система **DiSP (Digital SPartan)** представляет собой несколько плат **PCI/DSP-4** – 4-канальная плата (рис. 7), спроектированная на основе синхронных цифровых сигнальных процессоров (DSP), регистрирующих параметры сигналов АЭ и их форму. За счет применения такой архитектуры достигается скорость передачи данных на шину PCI до 132 Мбайт/сек. Несколько таких плат, объединенных общей стандартной шиной PCI. Каждая плата PCI/DSP-4 занимает один стандартный PCI слот материнской платы компьютера.

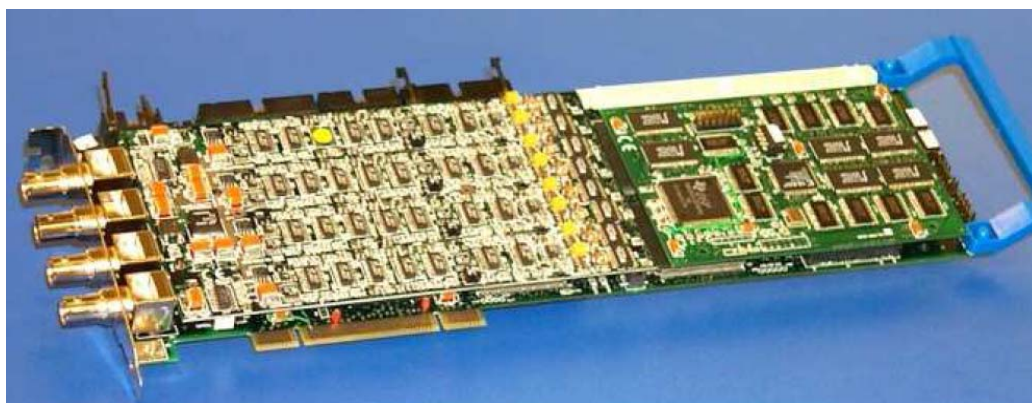


Рис. 7. Четырёхканальная плата PCI/DSP-4

Описание АЭ плат

Все платы АЭ систем состоят из аналоговой и цифровой частей. Аналоговые части всех плат идентичны, и различаются только применяемыми фильтрами высоких и низких частот. Блок-схема аналоговой части, с таблицами частот среза фильтров сверху и снизу для различных плат, приведена на рис. 8. На всех платах имеются выходы для подключения индикаторных светодиодов, выходы на звуковой монитор фирмы РАС, и по 8 цифровых входов и выходов, используемых для управления. После установки плат в каркас, они объединяются общей шиной синхронизации.

На рис. 9 представлена блок-схема платы PCI/DSP-4. Плата имеет 4 канала АЭ. Входной импеданс каналов АЭ – 50 Ом. На каждой плате используются 4 16-битных аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) и сигнальные процессоры для вычисления параметров АЭ. Для регистра-

ции форм импульсов на основной плате может быть размещена дополнительная плата регистратора формы сигналов (опция). Благодаря применению сигнальных процессоров плата имеет высокую производительность и незначительно загружает центральный процессор компьютера. На плате имеется схема регистрации 8 медленноменяющихся сигналов.

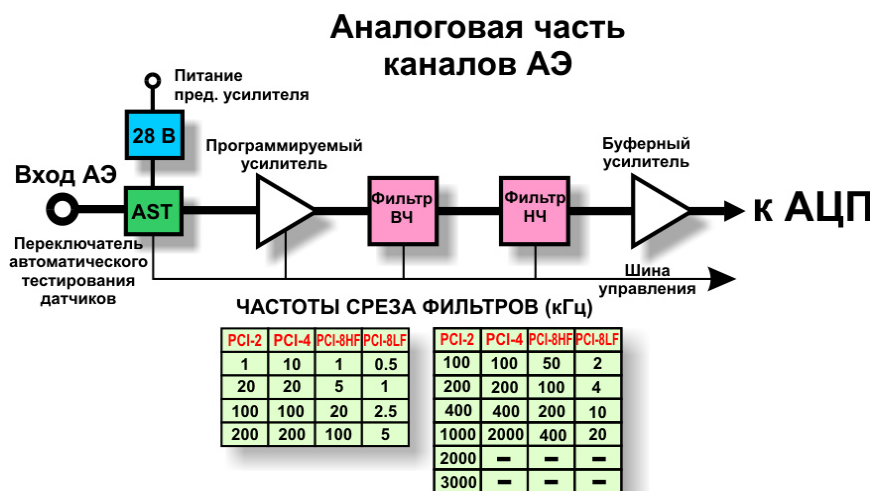


Рис. 8. Блок-схема аналоговой части плат

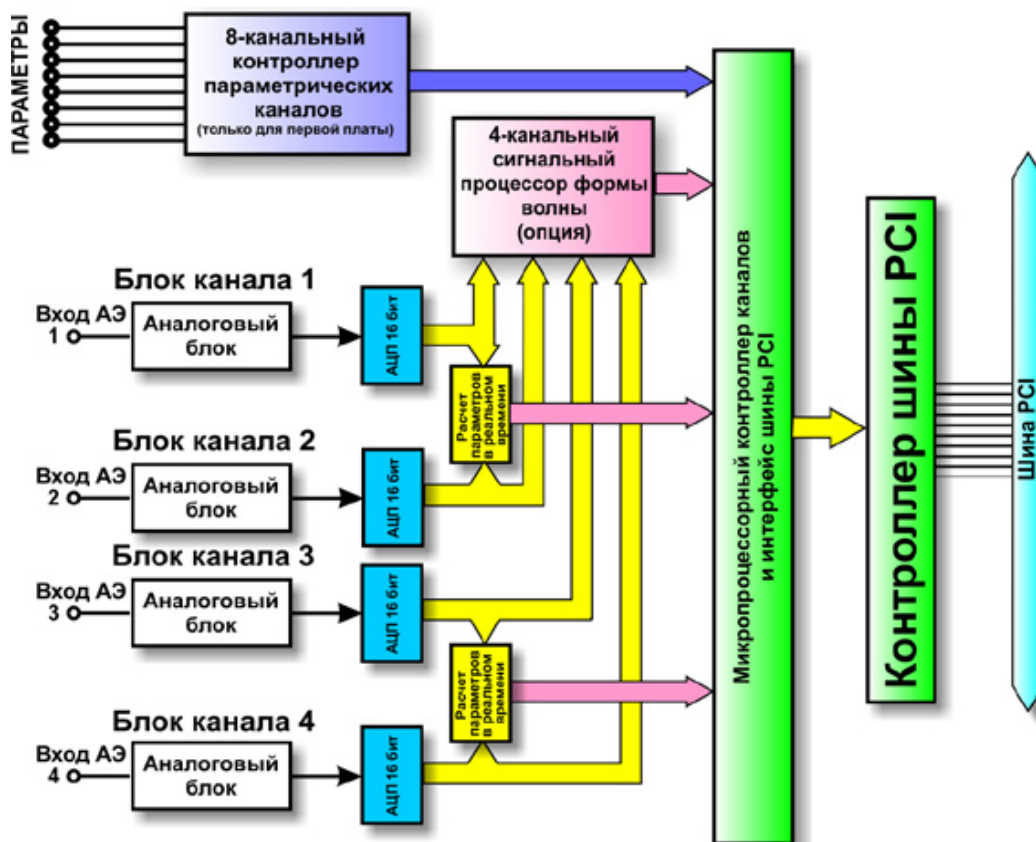


Рис. 9. Блок-схема платы PCI/DSP-4

Рабочие станции на базе плат PAC

Каждая рабочая станция содержит полностью функциональную АЭ систему, включающую современный компьютер с жестким, гибким и компакт-диск, USB портами, параллельным портом, сетевым контроллером (рис. 10). В разъемах PCI шины компьютера могут быть установлены однотипные платы АЭ, в количестве, определяемом используемым шасси. В фирменных корпусах PAC на переднюю панель выведены светодиоды, сигнализирующие об активности каналов и динамик звуковой сигнализации (при наличии опциональной звуковой платы).

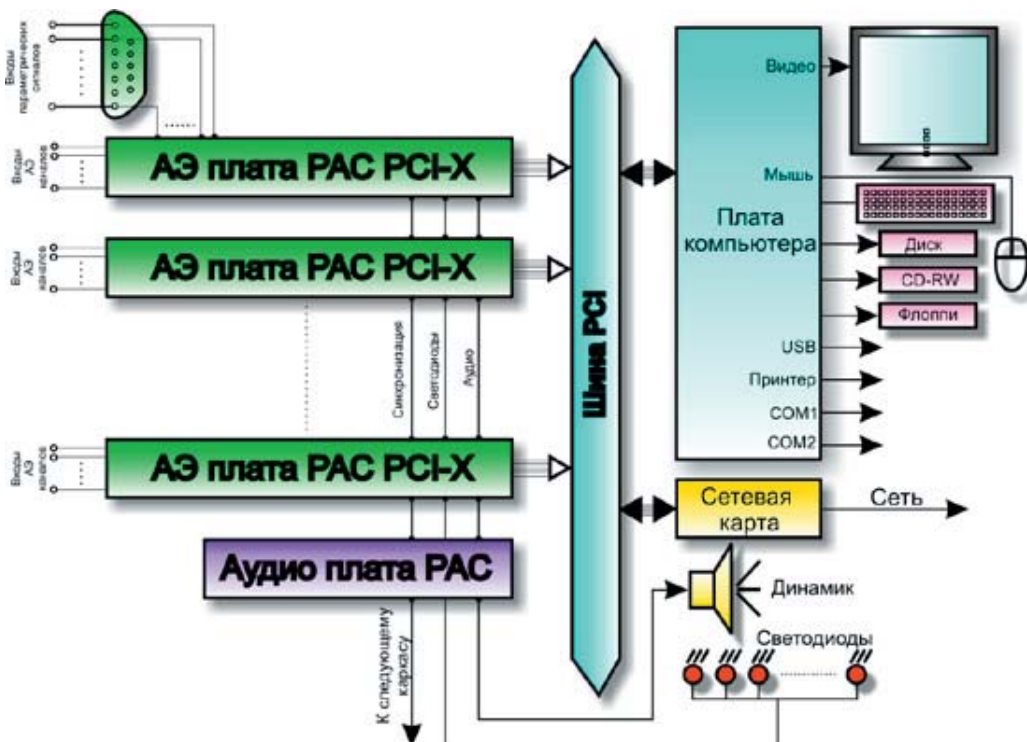


Рис. 10. Рабочие станции на базе плат PAC

Система типа «Iron-Vox» представляет собой портативный компьютер в прочном металлическом корпусе (рис. 11). Имеются две модификации компьютеров этого типа – на 2 и на 3 разъема PCI для установки плат. На переднюю панель выведены индикаторные светодиоды. Iron-Vox не имеет встроенного дисплея и клавиатуры, они поставляются отдельно.

Для настройки АЭ системы, сбора и обработки полученных данных применяется специализированное программное обеспечение (ПО).

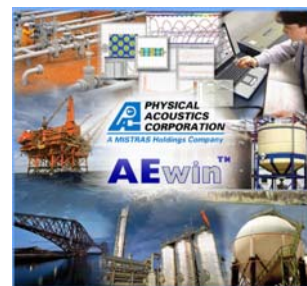
В качестве программного обеспечения для всех систем PAC используется программный пакет **AEwin™**, созданный на основе опыта применения АЭ систем специалистами компании PAC, и обеспечивающий быструю регистрацию и обработку параметров и форм сигналов АЭ в операционной среде Windows.



Рис. 11. АЭ система типа «Iron-Box»

Регистрируемые параметры АЭ:

- Время первого пересечения порогового уровня;
- Счёт пересечений порога (counts);
- Время до пика;
- Счёт пересечений порога до пика;
- Амплитуда пика
- Энергия сигнала;
- Длительность сигнала;
- Сила сигнала (площадь под огибающей сигнала MARSE);
- Средняя частота сигнала;
- Пиковая частота импульса АЭ;
- Частотный центройд импульса АЭ;



Медленноменяющиеся параметры:

- Среднеквадратичное значение (СКЗ);
- Средний уровень сигнала (СУС);
- Пороговое значение (при изменяющемся пороге);
- Абсолютная энергия сигнала.

Файлы установок (.lay) и файлы данных (.dta)

Наиболее важными файлами, с которыми необходимо будет работать ежедневно, являются **установочные файлы** с расширением .lay (Layout – компоновка) и **файлы, в которые записываются данные** – .dta (Data – данные). В Вашей рабочей копии ПО AEwin имеются при-

меры файлов этих типов. В процессе работы с АЕwin можно создавать новые файлы этих типов, а также модифицировать имеющиеся.

В файлах установки с расширением .lay содержится вся информация об аппаратных и графических установках, об установках, задаваемых при сборе данных, при формировании фильтров, тревог и задании схемы локации. Другие программные установки, такие как цвета графической информации и различные предпочтения записываются в регистре Windows.

Файл .lay можно загрузить с диска с помощью опции **Открыть файл установок** файлового меню АЕwin, после чего все установки, имеющиеся в файле, станут активными. Файл этого типа можно записать на диск обычным способом из файлового меню **Сохранить файл установок**, или **Сохранить файл установок как...** При этом вся информация об инициализации системы будет записана в файл. Файл установок может иметь любое имя в соответствии с соглашением Windows с расширением .lay.

Существует один специальный установочный файл с именем **Layout.lay**, который является самозагружающимся (Autoload). Если этот файл содержится на диске, он автоматически считывается приложением при запуске. Если же этот файл отсутствует, система задает установки по умолчанию, которые содержатся непосредственно в самой программе. Использование самозагружающегося файла позволяет ускорить работу оператора.

Файлы данных имеют расширение .dta. Можно указать любое имя файла данных, используя стандартное соглашение Windows об именах файлов. Имя файла данных задается в диалоговом окне меню **Сбор данных/Воспроизведение**. Если не задать новое имя, система использует имя по умолчанию, например, Test0000.dta при первом запуске. Следующие файлы данных по умолчанию будут иметь имена Test0001.dta, Test0002.dta и т. д. Таким образом, файлы идентичных замеров можно не переименовывать, а в конце первого файла сопроводить номером (например, ABCD000.dta) – последующие файлы будут пронумерованы самой системой в порядке очередности.

Установочные файлы и файлы данных можно записывать на любой носитель и в любой каталог.

При запуске приложения на экране появляется картинка, аналогичная представленной на рис. 12.

С помощью диалогового окна **Аппаратура АЭ** (или **F2**) (рис. 13) в меню **Установки сбора данных** до проведения испытаний устанавливаются все параметры аппаратуры.

В меню **Установка каналов АЭ** можно блокировать и разблокировать работу каждого канала и редактировать их общие установки (меню **Канал АЭ**).

Порог – Тип Фиксированный порог используется если необходимо, чтобы порог оставался постоянным, с уровнем, который указывается в колонке **дБ**.

Предусилитель (дБ) – усиление предварительного усилителя.

Аналоговый фильтр – выпадающее меню для верхней и нижней граничной частоты позволяет выбрать требуемый полосовой фильтр для каждого канала. Полоса пропускания фильтра должна быть согласована с полосой частот, на которую рассчитана плата.

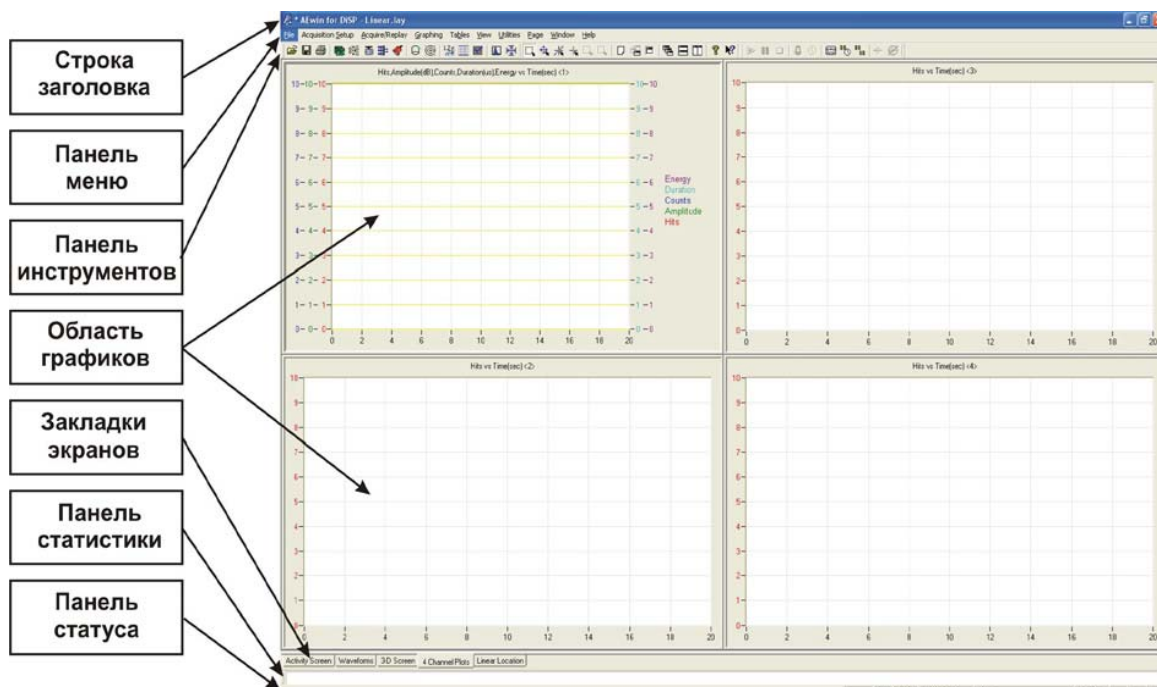


Рис. 12. Экран AEwin при открытии

Установки аппаратуры АЭ: PCI-DSP4						
Установки каналов АЭ		Фильтры		Временные параметры АЭ		Установка фильтра Дельта-Т
Канал АЭ	Порог		Допуск	Пред-ус дБ	Аналоговый фильтр	
	Тип	дБ			Нижний	Верхний
<input checked="" type="checkbox"/> 1	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	10 кГц	2 МГц
<input checked="" type="checkbox"/> 2	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	10 кГц	2 МГц
<input checked="" type="checkbox"/> 3	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	10 кГц	2 МГц
<input checked="" type="checkbox"/> 4	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	10 кГц	2 МГц
<input type="checkbox"/> 5	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	100 кГц	400 кГц
<input type="checkbox"/> 6	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	100 кГц	400 кГц
<input type="checkbox"/> 7	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	100 кГц	400 кГц
<input type="checkbox"/> 8	ФИКСИРОВАННЫЙ	45	6	40	100 кГц	400 кГц

Рис. 13. Установки каналов АЭ

Используя функции меню **Временные параметры АЭ** (рис. 14) можно блокировать и разблокировать каждый из каналов и отредактировать значения **ИКП** – интервал контроля пика, **ИКД** – интервал контроля длительности сигнала и **ИКК** – интервал контроля конца сигнала.



Рис. 14. Установки временных параметров АЭ

Рекомендуемые значения величин вышеуказанных параметров следующие:

Материал объекта	ИКП, мкс	ИКД, мкс	ИКК, мкс
Металлоконструкции (высокое затухание)	100...300	300...1000	1000...3000
Металлоконструкции (низкое затухание)	300...800	1000...2000	10000...30000
Композиты, неметаллы	20...50	100...200	300
Малые металлические образцы	100...300	300...1000	1000...3000

Блок **Формы Волн** доступен если в АЭ системе установлена опция **Формы волны**. В данном случае систему можно использовать как осциллограф. Одно из применений этой функции – подбор параметров ИКП, ИКД, ИКК для конкретного случая.

С помощью функций меню **Параметры данных** имеется возможность регистрировать АЭ параметры по выбору. Это означает, что если не планируется использовать все измеряемые параметры АЭ, можно оставить только некоторые и получить в качестве компенсации преимущества более высокой скорости регистрации и экономного использования места на диске. Выбор страницы **Параметры данных** меню **Установки аппаратуры АЭ** приведен на рис. 15.

Блок **Набор параметров импульса АЭ** позволяет выбрать параметры АЭ каждого импульса.

Блок **«Внешние» параметры в параметрах импульса АЭ** позволяет выбрать «внешний» канал, который будет включаться в набор данных импульса АЭ. В импульс могут включаться максимум два «внешних» параметра (например, нагрузка и деформация), либо один «внешний» параметр и счетчик циклов. Эти величины обязательно должны быть выбраны во вкладке **«Внешние» параметры с равномерным шагом по времени**, иначе возникнет сообщение об ошибке.

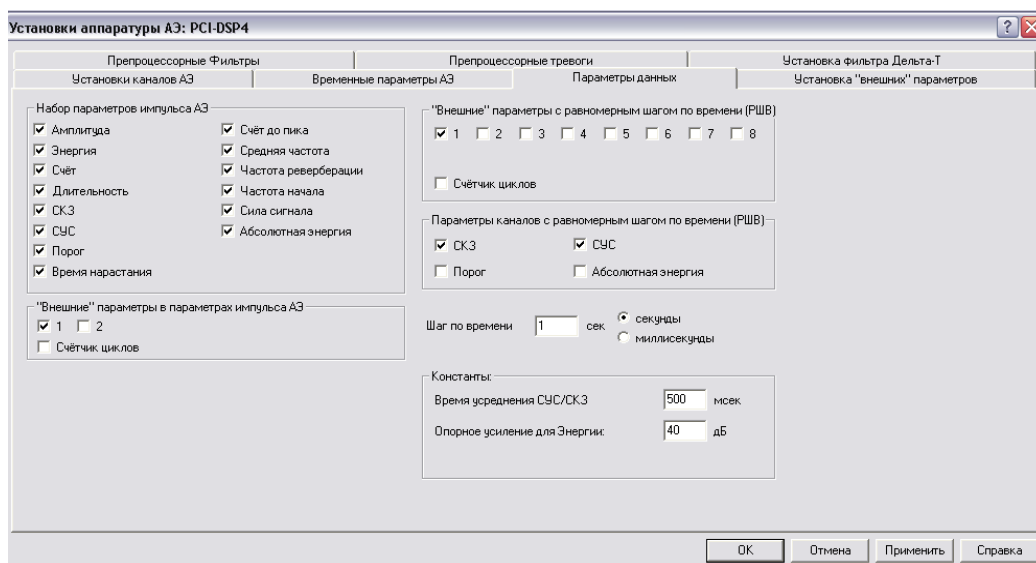


Рис. 15. Установки меню **Параметры данных**

Меню «Внешние» параметры с равномерным шагом по времени и Параметры каналов с равномерным шагом по времени

Кроме временных параметров, записываемых вместе с характеристиками АЭ импульсов, АЕwin способна записывать СКЗ (среднеквадратичное значение), СУС (средний уровень сигнала), Порог, Абсолютную Энергию, Счетчик циклов и «внешние» параметры с равномерным шагом по времени, даже в отсутствие сигналов АЭ. Они называются временными отсчетами. Данный блок позволяет выбрать требуемые характеристики.

Параметр **Шаг по времени** управляет частотой отсчетов данных, подлежащих записи. Временные отсчеты полезны при мониторинге течей, для записи изменения нагрузки и уровня шумов. Также данные временных отсчетов используются для дополнения графиков АЭ, включая параметрические или временные зависимости, даже в тех случаях, когда импульсы не зарегистрированы. Можно задать временной интервал в диапазоне от 10 мс до 1800 с, кратный 10 мс. Типичные значения лежат в диапазоне 1000...60000 мс (1...60 с).

Для более частого обновления данных можно выбрать более частый интервал, но это приведет к удлинению дисковых файлов и строчных распечаток, что необязательно является лучшим выбором. В том случае, если временные отсчеты используются для дополнения графиков, является хорошей практикой устанавливать скорость выборки по времени меньше или равной величине **Интервал обновления дисплея** выбираемой в диалоговом окне **Режим дисплея**.

Время усреднения СУС/СКЗ – временная константа, устанавливаемая в интервале 10 мс – 1000 мс, шагами по 10 мс. В этом интервале происходит усреднение сигнала при вычислении усредненных величин.

Константа **Опорное усиление для Энергии**. В некоторых АЭ системах РАС, например, SPARTAN, существует функция установки усиления по каналам. В то же время в других системах (например, в DiSP и MISTRAS) установка усиления отсутствует, и энергия вычисляется при усилении по каналу равному 20 дБ. **Опорное усиление для Энергии** позволяет установить соответствие между энергией, даваемой системами типа SPARTAN-2000, или другими системами РАС, имеющими программируемое усиление, с системами, не имеющими такого усиления. Величина **Опорное усиление для Энергии** имеет диапазон от 0 до 60 дБ (в соответствии со значением усиления предварительного усилителя датчика и усиления по каналу).

Страница **Установка «внешних» параметров** (рис. 16) позволяет привести в соответствие напряжения, измеряемые на «внешних» параметрических входах с реальными измеряемыми величинами, например, нагрузки или давления. Эта страница также позволяет передать системе названия единиц измерения «внешних» параметров (кН, МПа), которые будут отображаться на осях графиков и на распечатках. Кроме этого, можно выбрать для первых 4-х «внешних» параметров усиление и фильтр.

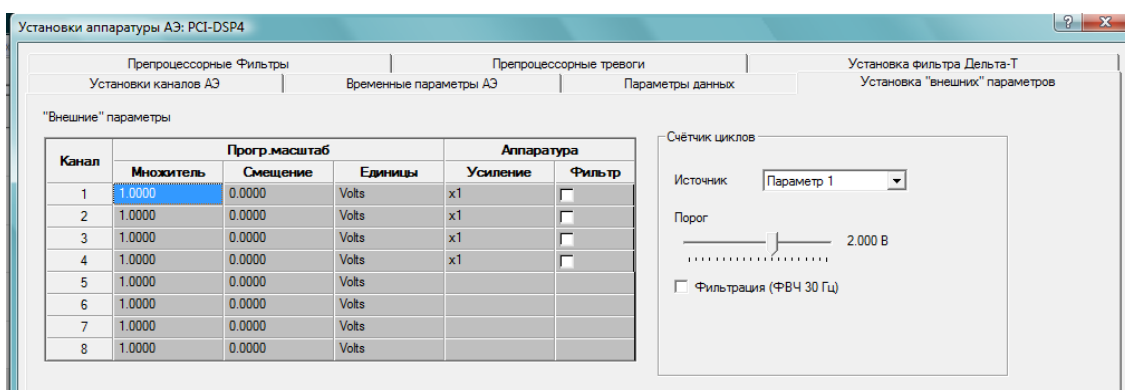


Рис. 16. Установки «внешних» параметров

Процесс масштабирования в AEwin следующий:

Отображаемое значение = (Измеренное напряжение x Множитель) + Смещение,

Значения по умолчанию для файла Autoload: 1.00, 0.00 и **Volts**, так что система измеряет просто напряжения на входах «внешних» параметров (на разъеме задней панели).

После нажатия кнопки **ОК**, масштабируемые значения «внешних» параметров появятся на всех графиках и распечатках. Максимальные и минимальные значения для осей графиков следует задавать в масштабируемых величинах. Единицы измерений также появятся на графиках (например, 0...1000 Па). Записанные файлы содержат изначальную информацию в вольтах и масштабирование будет происходить каждый раз при воспроизведении файла.

Секция **Аппаратура** позволяет выбрать четыре возможных значения усиления. Большинство плат имеют программируемый усилитель и фильтр низких частот 30 Гц для улучшения разрешающей способности и снижения уровня шумов.

Секция **Счетчик циклов** позволяет управлять порогом и источником сигнала:

- **Источник** может быть выбран как «внешний» параметр 1–4;
- ползунок **Порог** позволяет выбрать уровень срабатывания для счетчика циклов.
- **Счетчик циклов** срабатывает каждый раз когда сигнал пересекает порог. Порог может быть задан в пределах от –10 до +10 В. Это напряжение должно быть установлено на основе подводимого в систему базового сигнала нагрузки. Он должен быть установлен на уровне, достаточно низком для того, чтобы обеспечить постоянное уверенное срабатывание.
- флажок **Фильтрация** позволяет установить для счетчика циклов независимый фильтр низких частот 30 кГц.

Выбор страницы **Препроцессорные фильтры** (рис. 17) позволяет установить «препроцессорные» фильтры, которые реализуют принцип разрешение/запрет для параметров импульсов и/или форм волны на уровне платы, так что отфильтрованные импульсы и волновые формы не достигают основного процессора.

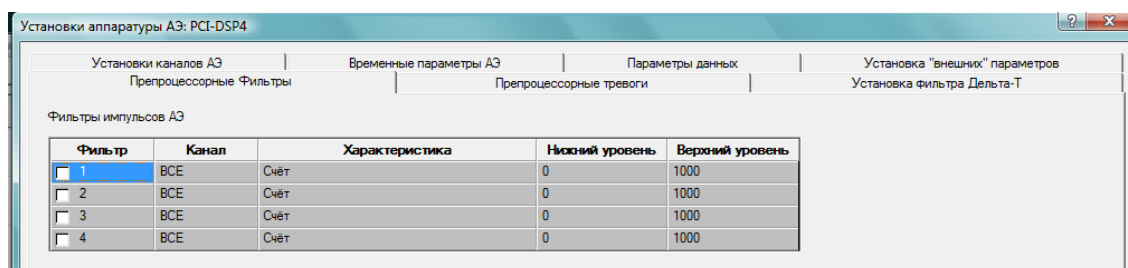


Рис. 17. Препроцессорные фильтры

Имеются два типа препроцессорных фильтров:

Фильтры импульсов отсеивают импульсы и ассоциированные с ними формы волн по установленному критерию. **Фильтры формы волны** работают сходным образом, но фильтруют только формы волн, оставляя импульсы нетронутыми. Установки идентичны для обеих типов. Доступны 4 фильтра.

Для выбора канала, подлежащего фильтрации, используйте колонку **Канал**.

Для выбора характеристики фильтрации используйте колонку **Характеристика**. Каждый импульс анализируется индивидуально на пред-

мет соответствия указанной характеристики диапазону **Нижний уровень** и **Верхний уровень** включительно. Для того, чтобы импульс (или форма волны) был(а) зарегистрирован(а), необходимо чтобы его характеристики попали внутрь допустимого диапазона всех активных фильтров, в противном случае импульс отфильтровывается препроцессором.

С помощью фильтра по амплитуде формы волны удобно, например, выбирать только формы с большой амплитудой, в то время как будут регистрироваться и параметры импульсов, имеющих меньшую амплитуду.

На странице **Препроцессорные тревоги** (рис. 18) имеется четыре препроцессорных тревоги. Эта страница весьма похожа на страницу с препроцессорными фильтрами, за исключением того, что пользователь может выбрать тип тревоги **Один импульс в одном канале**, либо **Накопление в Одном Канале**. Тревога генерируется тогда, когда выполняется одно или более условий превышения установленных порогов. При возникновении тревоги будет звучать динамик компьютера и на выходном разъеме входа/выхода (I/O) возникнет сигнал тревоги. Кроме этого, на экране возникнет сообщение, в котором указывается, является ли тревога предупреждением, либо уже превышена критическая величина, ее значение, и тип тревоги. Чтобы сбросить тревогу, щелкните мышью на кнопке **Автоматический сброс всех тревог** в окне **Авто-сброс тревог**.

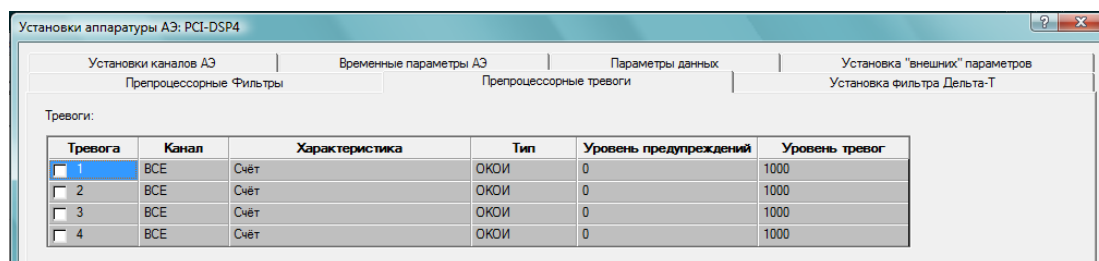


Рис. 18. Препроцессорные тревоги

Вкладка **Установка фильтра Дельта-Т** используются для аппаратной фильтрации импульсов АЭ, которые являются частью события, но находятся вне допустимого диапазона, специфицированного на странице **установки Дельта-Т фильтров** (рис. 19). Здесь следует пояснить, что мы вводим понятие событие, а это означает, что следует рассматривать уже не только характеристики отдельного сигнала, но и разности времен прихода сигнала от некоего источника на соседние датчики (дельта-Т). Таким образом, косвенно начинается рассмотрение схемы расстановки датчиков (антенной решётки) или схемы локации источников АЭ. Более подробно эта тема будет рассмотрена в последующих лабораторных работах, здесь ограничимся описательной частью меню.

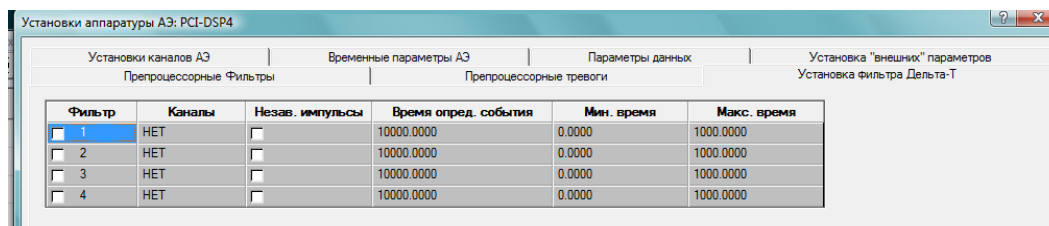


Рис. 19. Установки фильтра Дельта-Т

Фильтр Дельта-Т располагается на каждой плате, так что он способен фильтровать только те импульсы АЭ, которые принимает данная плата. Такой тип фильтров полезно применять для линейной локации, так как он эффективно фильтрует импульсы АЭ, которые приходят извне контролируемой области между двумя датчиками.

Страница Дельта-Т фильтров очень похожа на страницу препроцессорных фильтров. Имеются 4 различных фильтра, позволяющие программировать каждую плату различным образом.

Флажок **Фильтр** включает или выключает фильтр.

В столбце **Каналы** выбираются номера каналов для Дельта-Т фильтров. Поскольку Дельта-Т фильтры работают на базе плат, то должны выбираться пары каналов (например, 1–2, 3–4, независимо от их нумерации во всей АЭ системе).

Флажок **Незав. импульсы** позволяет принимать или отсеивать независимые импульсы (т. е. импульсы, не ассоциированные с событиями).

Параметр **Время определения события** – это максимальный интервал события (в мкс), за который плата идентифицирует пары импульсов как события. Эта величина должна быть равна максимальному времени распространения сигнала АЭ от одного датчика к другому, плюс 10 %.

Параметр **Мин. время** – нижний предел допустимых значений Дельта-Т в мкс. Импульсы с меньшей разностью времен отсеиваются. Могут использоваться отрицательные значения. Для фильтров Дельта-Т, импульс, возникший ближе к четному каналу, имеет отрицательное Дельта-Т.

Параметр **Макс. время** – верхний предел допустимых значений Дельта-Т в мкс. Импульсы с большей разностью времен отсеиваются. Могут использоваться отрицательные значения. Как указано выше, отрицательные значения Дельта-Т означают, что импульс возник ближе к четному каналу.

Информация об установках фильтров Дельта-Т загружается в каждую специфицированную плату AEDSP вместе с остальной установочной информацией. При сборе данных каждая плата имеет загруженное ПО определения события и фильтрации, работающее следующим образом:

Каждая плата имеет внутреннюю очередь определения событий, посредством чего она проверяет пары импульсов (пришедших по противоположным каналам) на соответствие **Время определения события**, и решает, является пара событием или нет. Для обеспечения асимметрии диапазонов между датчиками, значение Дельта-Т всегда вычисляется от датчика с более низким номером, к датчику с более высоким номером. Импульсы, чьи Дельта-Т превышают **Время определения события**, считаются независимыми. В этом случае первый импульс проходит на последующую обработку как независимый.

В случае, если определяется событие (импульсы имеют Дельта-Т меньше, чем **Время определения события**), то Дельта-Т проверяется по минимальному и максимальному времени, установленному на данной плате. Если Дельта-Т находится вне диапазона, определяемого установками **Мин. время** и **Макс. время** (т. е. они меньше нижнего предела или выше верхнего предела, то оба импульса отсеиваются и на дальнейшую обработку поступает только форма волны. Если же Дельта-Т находится внутри указанного диапазона, то на дальнейшую обработку поступают оба импульса и формы волн.

Фильтры Дельта-Т активируются независимо от любой локационной фильтрации. Это позволяет использовать их при испытаниях с очень высокими скоростями поступления данных, в результате чего они записываются на диск и могут впоследствии анализироваться более медленными алгоритмами локации.

Программа выполнения работы:

1. Ознакомиться с характеристиками АЭ системы DiSP и программы AEwin (прил. 3).
2. Включить АЭ систему DiSP, нажав на кнопку **Power**.
3. Загрузить программу AEwin из меню **Пуск Windows** следующим образом: **Пуск/Программы/Physical Acoustics/AEwin**.
4. Ознакомиться с опциями главного меню, панели инструментов.
5. Открыть диалоговое окно **Установки аппаратуры АЭ** в меню **Установки сбора данных**.
6. В меню **Установки каналов** разблокировать первые 4 канала.
7. Установить фиксированный порог 40 дБ.
8. Установить **усиление предварительного усилителя** (приложение 3 – характеристики преобразователей АЭ).
9. Установить **верхнюю частоту** и **нижнюю частоту** в соответствии с полосой пропускания платы PCI/DSP4.
10. Установить значения **ИКП**, **ИКД**, **ИКК** характерные для металлической конструкции с малым затуханием.

11. В блоке **Набор параметров импульса АЭ** выбрать все параметры АЭ.
12. В блоке **«Внешние» параметры в параметрах импульса АЭ** пометить флажок первого параметра.
13. В блоке **Форма волны** пометить флажки разрешения регистрации и передачи.
14. Параметры **Шаг выборки** установить равной 1 с, **Время усреднения СУС/СКЗ** – 500 мс, **Базовое усиление для Энергии** в соответствии со значением усиления предварительного усилителя.
15. Во вкладке **Установка «внешних» параметров** установить величину **Множителя** равным 1, **Смещения** – 0, в качестве источника выбрать «внешний» параметр 1, ползунок **Порог** – 0 В.
16. Сохранить установки в файле с именем XXXXX.lay, в качестве имени файла использовать номер группы.
17. Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Вопросы для контроля:

1. Привести основные параметры АЭ сигнала.
2. В каких случаях применяется плавающий порог?
3. Объяснить, почему параметр ИКК должен быть больше ИКД.
4. Привести и пояснить схему АЭ контроля?
5. Сколько каналов имеет плата PCI/DSP-4?
6. Привести функцию установочных файлов ПО АЕwin.
7. Какое расширение имеют файлы данных?
8. Что необходимо сделать до проведения испытания?
9. Какие параметры относят к «внешним»? Привести цель их регистрации.
10. Что понимают под термином «канал АЭ»?
11. Объяснить цель применения «препроцессорных» фильтров.
12. Объяснить функции предварительного усилителя, привести диапазон значений усиления.
13. Что накладывает ограничения на значения верхнего и нижнего предела аналогового фильтра установок каналов АЭ.
14. Привести функцию светодиодов на передней панели АЭ системы.
15. Привести состав аппаратуры АЭ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование акустических свойств объекта контроля. Выбор схемы расстановки преобразователей АЭ

Цель: освоение приемов, методов и способов исследования акустических свойств объекта контроля, выбора схемы расстановки преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ).

Краткая характеристика объекта исследования:

Основные понятия, требования к аппаратуре, требования к проведению, рекомендации и информация, обеспечивающие проведение акустико-эмиссионного контроля объектов, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору России, содержатся в следующих документах:

1. ГОСТ 27655–88 Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.
2. ПБ 03–593–03 Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.
3. РД 03–299–99 Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов.
4. РД 03–300–99 Требования к преобразователям акустической эмиссии, применяемым для контроля опасных производственных объектов.

Кроме упомянутых документов, в каждой отрасли промышленности существуют нормативные документы (НД), регламентирующие проведение собственно испытаний объекта контроля. Примеры:

1. ПБ 03–585–03 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов;
2. ПБ 03–576–03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением;
3. СТО–03–001–06 Экспертиза промышленной безопасности стальных вертикальных сварных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.

Поэтому подготовка к АЭ контролю должна начинаться с изучения НД отрасли, к которой принадлежит объект.

Технология АЭ контроля

Перед проведением АЭ контроля исполнитель должен тщательно изучить объект контроля с целью получения данных для разработки **технологии АЭ** контроля объекта. Технология контроля должна быть

разработана на основании Правил ПБ 03–593–03 и данных, полученных при изучении объекта контроля. Технология контроля должна быть приведена в отчетной документации по контролю и содержать следующую информацию:

- материал и конструкция контролируемого объекта, включая размеры и форму, тип хранимого (рабочего) продукта;
- данные о параметрах шумов и затухании АЭ сигнала (необходимо определить перед контролем);
- тип и параметры преобразователей АЭ, их изготовитель (в соответствии с задачей контроля, типом ОК, типом испытания, температурой);
- метод крепления преобразователей АЭ (на магнитных держателях, на клею, на прижимах и т. д.);
- контактная среда (в зависимости от температуры ОК);
- схема расположения преобразователей АЭ (точнее схема локации: линейная, плоскостная, объемная);
- тип прибора АЭ, его параметры (ориентировочно потребность в количестве датчиков, кабелей, каналов);
- описание системы и результатов калибровки АЭ аппаратуры (также дата поверки и № свидетельства для протокола испытаний);
- регистрируемые данные и методы регистрации (для расчета критериальных соотношений);
- система классификации источников АЭ и критерии оценки состояния контролируемого объекта по результатам контроля;
- квалификация операторов.

Выбор схемы расстановки датчиков

Для определения координат дефектов (локации источников АЭ) датчики на ОК устанавливаются в определенной конфигурации, которая образует так называемую антенную решетку. По взаимному расположению различают зональную, линейную, плоскостную, объемную схемы локации.

Зональная локация подразумевает такую расстановку датчиков, при которой АЭ сигнал из любой точки зоны контроля доходит хотя бы до одного датчика (обычно применяется при сопровождении испытаний, когда не требуется точное определение места расположения источника АЭ).

При линейной схеме (обычно применяемой на трубопроводах) сигнал из любой точки зоны контроля должен восприниматься минимум двумя датчиками.

Плоскостные схемы (обычно применяемые на аппаратах и емкостях) требуют выполнения регистрации сигнала минимум тремя датчиками. При этом, по расположению ПАЭ, они подразделяются на «триангуляр» (датчики образуют антенную решетку из треугольников), «ректангуляр» (решетка

из прямоугольников), «круг» (датчики выстроены в правильную окружность, что характерно для контроля днищ резервуаров), «произвольная расстановка» (датчики не составляют решетку из подобных элементов).

Объемные схемы подразумевают выполнение регистрации минимум четырьмя датчиками, необязательно установленными на одной плоскости (поверхности). Часть расстановок приведена на рис. 20.

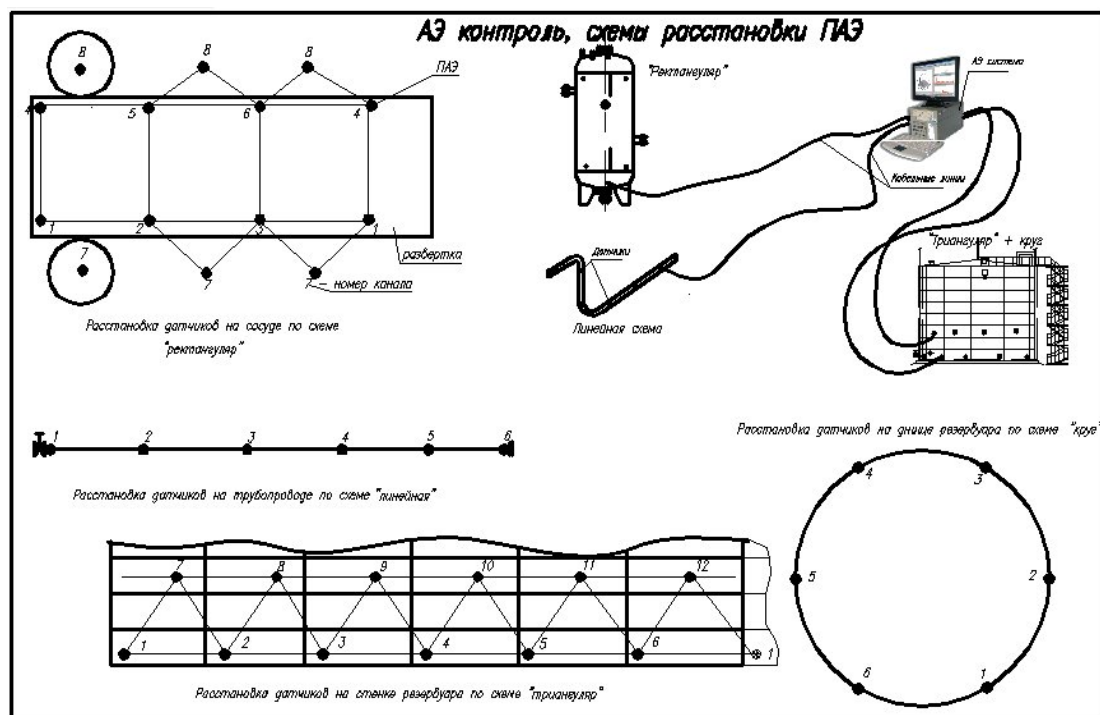


Рис. 20. Схемы расстановки ПАЭ

Алгоритмы расчета координат дефектов основаны на определении *разности времени прихода* (РВП) фронта акустической волны к нескольким ПАЭ. Для определения координат источника сигналов АЭ на поверхности конструкции, как минимум, необходимо иметь три ПАЭ.

Задачи по расчету координат дефектов основываются на определении РВП сигналов АЭ на датчики пьезоантенны с последующим решением нелинейных уравнений. В этом случае расчет координат дефектов будет достоверен, если соблюдаются следующие условия:

- скорость распространения поверхностных акустических волн одинакова во всех направлениях (либо известна модель скорости распространения этих волн);
- акустический сигнал от дефекта в любой точке ОК дойдет до каждого датчика, не встречая на своем пути каких-либо препятствий (сварные швы, отверстия, полости и т. д.);
- погрешность в определении РВП сигналов АЭ на соответствующие датчики пьезоантенны должна быть минимальна.

Схема расстановки датчиков определяется задачей контроля, требуемой точностью локации источников АЭ. Типы локации разделяются на линейную, плоскостную и объёмную.

Наиболее точную информацию об источнике АЭ события даёт датчик, который является самым близким к источнику АЭ. Часто сигналы от АЭ события достигают многих датчиков, и графическое отображение всех индивидуальных импульсов на том же графике может быть не желательным. При зональной группировке можно графически отобразить только информацию с датчика первой регистрации. В зональном алгоритме все датчики в группе сохраняются до момента обнаружения первой регистрации, воспринимается только эта информация. Другие датчики в группе затем блокируются или не воспринимаются. Таким образом, можно графически отобразить информацию о первой регистрации и установить какой датчик или датчики ближе всего находятся к источнику АЭ или источникам АЭ.

Схемы расстановки:

- линейное размещение – ПАЭ размещаются в линию.

Можно обнаружить точное размещение источников АЭ событий для любого числа датчиков. Источник АЭ от одного события лоцируются при попадании в два датчика.

Для объектов простой геометрии, например, для элементов конструкций, в которых длина значительно превосходит другие размеры, положение источника АЭ проецируется на линию, соединяющую датчики. При этом задача определения координат дефектов решается наиболее просто. Начало координат помещается в середине базы (половина расстояния между преобразователями), а измерение временной задержки Δt прихода сигнала к ПАЭ дает возможность определить координату как:

$$l = 0,5 \cdot c \cdot \Delta t,$$

где Δt – временная задержка, c – скорость распространения сигнала в конструкции.

- прямоугольное размещение – датчики устанавливаются в решётку прямоугольников, и таким образом можно более эффективно охватить поверхность объекта контроля. Решётку из прямоугольников можно свернуть вокруг поверхности, чтобы охватить цилиндр. Дополнительные датчики можно поместить на крышках и днищах, которые могут быть на цилиндрах. Источник АЭ лоцируется при попадании на четыре ПАЭ;
- треугольное размещение – поверхность объекта контроля покрывается треугольниками ПАЭ. Данный метод аналогичен прямоугольному размещению, но при локации необходимо, чтобы сигнал от источника АЭ попал на три датчика.

Установка преобразователей на конструкции

Чистота поверхности объекта контроля должна быть не хуже Rz40. При наличии окраски и защитных покрытий, а также кривизны и неровностей поверхности объекта в зоне контакта возможно уменьшение амплитуды сигнала АЭ и искажение его формы. Как правило, при установке ПАЭ на ОК производят зачистку поверхности до металлического блеска с чистой Rz40 (мелкая наждачная бумага), размером 50×50 мм. Исключением может быть заводская химическая грунтовка или окраска с последующим запеканием, когда слой покрытия обладает высокой адгезией к основному металлу.

При регистрации АЭ в реакторных материалах установка преобразователя на поверхность объекта часто невозможна из-за высокой температуры, радиоактивности, воздействия на объект ионизирующих излучений. Наиболее целесообразным способом передачи акустических колебаний на ПАЭ, в этом случае, является использование волноводов в виде тонких длинных стержней или пластин.

Чаще используют волноводы в виде стержней и проволок, в которых возбуждают продольные волны. В диапазоне частот, в котором между диаметром волновода d , с частотой f и скоростью звука в стержне c_0 справедливо соотношение $df/c_0 \leq 0,4$, распространяется только одна продольная волна, при этом определение амплитуды колебаний по сечению достаточно равномерно (при $df/c_0 \leq 0,1$ вообще однородно), т. е. сечение звукопровода эффективно участвует в передаче сигналов. Отсутствие других нормальных волн позволяет обеспечить неискаженную передачу сигналов. Волновод при регистрации сигналов АЭ обычно используется в режиме, когда диапазон рабочих частот находится намного выше его нижней резонансной частоты.

После расстановки датчиков на ОК необходимо проверить правильность функционирования всей системы.

Контроль функционирования каналов на плате проверяют до развертывания на объекте с помощью АЕСАЛ-2.

Контроль качества установки датчиков (одновременно с качеством подготовки поверхности), исправности преусилителей и целостности кабелей проверяют после развертывания всей схемы, имитируя АЭ сигнал с помощью излома грифеля (Су-Нильсен) или с помощью функции автоматического контроля датчиков.

Автоматический контроль датчиков (АКД). При АКД запускается короткий сбор данных, при котором последовательно на все датчики, отмеченные в меню **Установки сбора данных**, подаются импульсы. АКД следует запускать до и после испытания, чтобы при сравнении результатов убедиться, что чувствительности датчиков не изменились.

Для работы АКД необходимо использовать предварительные усилители 1220А-АКД, либо интегральные датчики с опцией АКД (например, R15I-АКД). Для задания параметров и запуска АКД используется диалоговое окно **Автоматический контроль датчиков** (рис. 21).

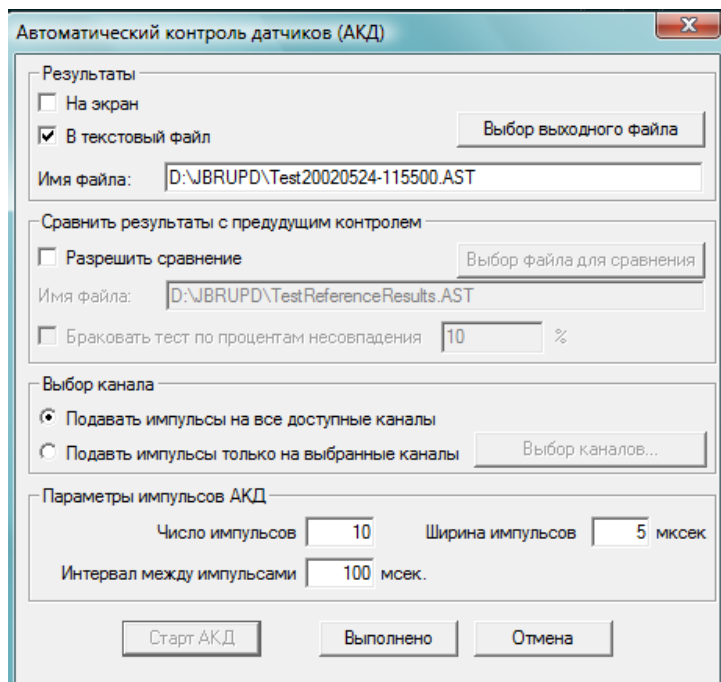


Рис. 21. Установки автоматического контроля датчиков

Результаты АКД отображаются на экране и/или записываются в файл в зависимости от выбора флажков в блоке **Результат На экран** или **В текстовый файл**. Если помечен флажок **В текстовый файл**, то можно оставить имя файла по умолчанию, либо ввести имя нового файла в строку текстового ввода, либо выбрать имя существующего файла для перезаписи с помощью кнопки **Выбор выходного файла**.

Результаты АКД будут сравниваться с результатом предыдущего теста, если установить флажок **Разрешить Сравнение**. Имя файла для сравнения может быть указано путем ввода в текстовое окно, либо выбрано с помощью **Выбор файла для сравнения**.

В блоке **Параметры импульсов АКД** можно задать значения: **Число импульсов**, **Интервал между импульсами**, **Ширина импульсов**.

Нажатие кнопки **Выполнено** приведет к запоминанию установок АКД и закрытию диалогового окна без запуска теста.

Выбор **Старт АКД** вызовет запуск теста. Если установлен флажок **Разрешить сравнение**, то будет считан файл, указанный в текстовом окне, для вычисления процентного изменения Дельта-Т (Разности Времени Прихода), амплитуды и энергии для всех датчиков, указанных как активные в установках **Установки каналов** меню **Аппаратуры АЭ**.

Результаты будут отображаться на дисплее, либо записываться в файл, либо то и другое, в зависимости от установок диалогового окна АКД. На экране будут отображаться установленные параметры и полученные результаты в виде одной строки на каждый принятый канал, одной страницы на каждый излучающий канал. Записанный файл содержит эту же информацию, плюс дата и время проведения АКД и отчет, используемый для сравнения (если был указан).

Наблюдать за параметрами АЭ сигналов во время изучения характеристик и испытания можно, используя строчную распечатку.

Команда **Строчная распечатка** меню **Установки сбора данных** содержит установки строчной распечатки, которая показывает на дисплее параметры АЭ, «внешние» параметры и другие сообщения испытания в текстовом строчном формате. Для одного сообщения выделяется одна строка, плюс титульная строка, когда это необходимо. Титульная строка показывает, какие параметры распечатываются и где именно, что зависит от того, какие параметры выбраны для распечатки на дисплее с помощью диалогового окна **Установка Строчной Распечатки** (рис. 22).

Ниже приведена типичная иллюстрация титульной строки:

ID DDD HH:MM:SS.mmmuuun PARA1 PARA2 CH RISE COUN ENER DURATION AMP

- ID является идентификатором сообщения. Это 1 для АЭ данных, 2 для «временных» данных, 172 для информации о форме волны, 128, 129 и 130 для сообщений об управлении испытанием. Сообщениями об управлении являются ВОЗОБНОВИТЬ, ПАУЗА, и ОСТАНОВ.
- Колонка времени показывает счетчик времени испытания в днях, часах, минутах и секундах с точностью 250 нс.
- Колонка PARA1 показывает значение параметра № 1. Показываемое значение масштабируется в соответствии со значениями Множитель и Смещение, введенными в диалоговом окне Масштабирование параметров.
- Колонка PARA2 показывает значение параметра № 2. Показываемое значение масштабируется в соответствии со значениями Множитель и Смещение, введенными в диалоговом окне Масштабирование параметров.

Колонка CH показывает номер канала, если сообщение имеет идентификатор 1 (т. е. данные АЭ).

- Колонка RISE показывает Время Нарастания. Диапазон от 0 до 65 535 мкс.
- Колонка COUN показывает число пересечений порога COUNTS. Диапазон от 0 до 65 535.
- Колонка ENERGY предназначена для энергии. Диапазон от 0 до 65535 тиков энергии.

- Колонка DURATION показывает длительность сигнала в мкс. Диапазон – от 0 до 16 777 762 мкс.
- Колонка AMP показывает амплитуду сигнала АЭ в дБ. Диапазон от 0 до 100 дБ.

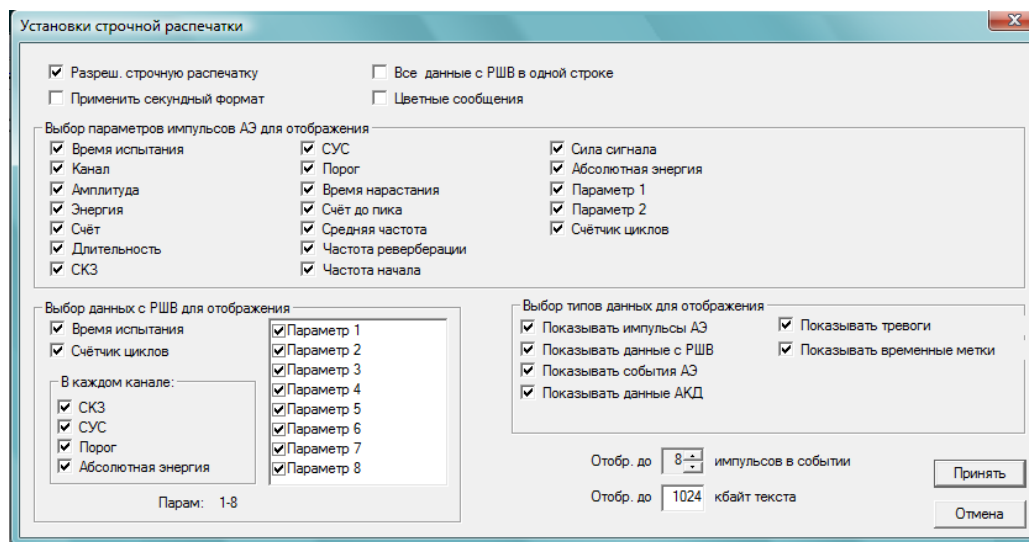


Рис. 22. Установки строчной распечатки

Используя диалоговое окно **Установки Строчной Распечатки**, можно: **Разрешить строчную распечатку**: распечатка может быть видна (см. опции меню **Вид**), но не разрешена. Отключение отображения может улучшить производительность системы при высоких интенсивностях данных.

- команда **Применить секундный формат** позволяет наблюдать время в виде общего числа секунд, в отличие от формата HH:MM:SS.mmmuuuu.
- команда **Все данные с РШВ в одну строку** позволяет временные данные (сообщение ID = 2) отображать в одной строке (каждое), вместо нескольких коротких строк.
- **Цветные сообщения**: в этом режиме сообщения окрашены в соответствии с их ID. Сообщения лучше читаются, но не рекомендуется включать эту опцию при очень высоких интенсивностях данных.

Строчную распечатку можно сделать видимой путём нажатия клавиши **F7**, или с помощью меню **Вид**.

Программа выполнения:

1. Ознакомиться с документами ГОСТ 27655–88, ПБ 03–593–03, РД 03–299–99, РД 03–300–99.
2. Изучить технические характеристики и конструкцию объекта по документации на него (паспорт).
3. Данные об объекте контроля и основных параметрах контроля занести в протокол АЭ контроля (прил. 4).

4. В соответствии с разделом 4 ПБ 03–593–03 выбрать преобразователи, соответствующие условиям проведения АЭ контроля (характеристики преобразователей приведены в прил. 4). Подключить ПАЭ к системе.
5. Разработать схему нагружения объекта в соответствии с требованиями ПБ 03–593–03.
6. Включить АЭ систему DiSP. Загрузить установочный файл с настройками первой лабораторной работы.
7. Провести проверку работоспособности плат АЭ системы с применением генератора АЭ сигналов АЕСАL-2. Заполнить табл. 1.

Таблица 1

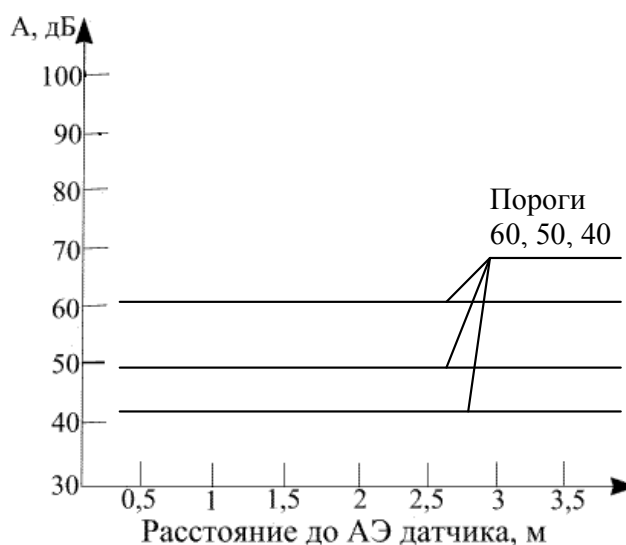
№ канала	A, дБ на АЕСАL	A, дБ на канале
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

8. Заполнить акт проверки АЭ комплекса (прил. 5).
9. В диалоговом окне **Установки Строчной Распечатки** установить флажок **Разрешить строчную распечатку**, **Все данные с РВШ в одну строку**, **Цветные сообщения**. Отметить все **Параметры импульса для отображения**.
10. Для выбора расстояния между ПАЭ произвести измерение затухания. Выбрать представительную часть объекта без патрубков, проходов и т. п., установить ПАЭ и перемещать (через 0,5 м) имитатор АЭ по линии в направлении от ПАЭ на расстояние до 3 м, записывая амплитуду сигнала на ПАЭ в табл. 2. В качестве имитатора АЭ можно использовать имитатор Су-Нильсена или генератор АЭ сигналов АЕСАL-2 (характеристики генератора приведены в прил. 3).

Таблица 2

Расстояние от ПАЭ, м	Амплитуда, дБ
0,1	
0,5	
1	
1,5	
2	
2,5	
3	

11. По результатам измерений затухания, построить кривую затухания. Определить максимально допустимое расстояние между ПАЭ при различных уровнях порога.



12. Выбрать схему расстановки ПАЭ.
13. Установить ПАЭ на ОК. В качестве контактной среды использовать ЛИТОЛ.
14. Проверить качество установки ПАЭ с помощью АКД.

Таблица 2

Пары ПАЭ	Расстояние (см)	Δt (мкс)	Скорость (см/мкс)
1–2			
2–1			
2–3			
3–2			
3–4			
4–3			
4–5			
5–4			
5–6			
6–5			
6–7			
7–6			
7–8			
8–7			

15. Измерить фактическую скорость распространения волн: имитатор АЭ расположить вне групп ПАЭ на линии, соединяющей ПАЭ, на расстоянии 10...20 см от одного из них. Проведя многократные измерения

- (не менее пяти) для разных пар ПАЭ, определить среднее время распространения. По нему и известному расстоянию между ПАЭ вычислить скорость распространения сигналов АЭ. Данные занести в табл. 2.
16. Установить уровень шумов, определить потенциальные источники посторонних шумов и значение порога. Изменить значение порога в окне **Установки аппаратуры АЭ**.
 17. Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Вопросы для контроля:

1. Привести цель разработки программы АЭ контроля и её содержание.
2. Привести содержание технологии АЭ контроля.
3. Перечислить схемы применения АЭ контроля.
4. Привести требования, предъявляемые к преобразователям АЭ.
5. Привести функции предусилителя. Объяснить целесообразность помещения предусилителя и ПАЭ в одном корпусе.
6. Привести значение чистоты зачистки поверхности ОК в месте установки ПАЭ.
7. Привести функции основного усилителя и диапазон значений усиления.
8. Когда проводится проверка работоспособности АЭ системы?
9. На каком уровне нагрузки проводят предварительные испытания, с какой целью?
10. При изучении акустических свойств ОК должен быть заполнен рабочей средой. Объяснить причину.
11. Привести цель изучения ОК как акустического канала.
12. Привести мешающие факторы при АЭ контроле.
13. Привести цель определения параметров затухания упругих волн в ОК.
14. Что является основным фактором, ограничивающим эффективность АЭ контроля?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Проверка работоспособности и чувствительности используемых каналов АЭ системы, калибровка системы локации, определение погрешности определения координат источников АЭ

Цель: приобретение практических навыков проверки работоспособности и чувствительности каналов АЭ системы, калибровки системы локации, определения погрешности определения координат источников АЭ.

Краткая характеристика объекта исследования:

Проверка работоспособности и чувствительности всех используемых каналов аппаратуры

После установки ПАЭ на объект контроля проводится проверка их работоспособности с использованием имитатора АЭ. В качестве имитатора источников АЭ используем имитатор Су-Нильсена. На расстоянии 10 см от ПАЭ производится излом стержня карандаша. Амплитуда сигнала для каждого датчика не должны отличаться более чем на 4 дБ. Фиксируется также амплитуда сигнала на соседних датчиках. Эта информация затем используется для обработки полученной информации. Данные заносятся в таблицу чувствительности.

Каналы, которые не проходят такую проверку, должны быть проверены дополнительно, отремонтированы или исключены.

Прежде чем рассматривать установки локации рассмотрим установки графиков в ПО АЕwin.

Графические возможности ПО АЕwin весьма выразительны, что важно, поскольку визуализация данных играет большую роль в методе АЭ. АЕwin способна отображать множество графиков на странице с несколькими кривыми на одном графике и множество страниц с графиками.

Графики могут быть многомерными (2D и 3D), многоцветными и различных типов: точечные, гистограммы, волновые формы и спектрограммы. Оси графиков могут быть фиксированными (т. е. имеющими постоянные минимум и максимум) и также автоматическими (сжатие и скользящие оси), логарифмическими и линейными. На графиках могут быть построены зависимости любых параметров от любых фиксируемых параметров.

Процедура задания графиков

1. Необходимо обдумать количество и названия страниц, оценить сколько и какие графики необходимо наблюдать в процессе работы на одной странице. Можно начать с уже имеющегося установочного файла **Layout4.LAY**.
2. Создать новый или отредактировать имеющийся файл установок и запомнить под новым именем, используя опции файлового меню: **Файл/Новый файл установок**.
3. Создать необходимое число страниц, после чего отредактировать названия закладок так, чтобы было понятно на какой странице что отображается.
4. Создать определенное количество графиков на каждой странице путем добавления и/или уничтожения.
5. Изменить размеры графиков, и расположить их на странице для удобства чтения.
6. Индивидуально отредактировать каждый график, щелкнув правой кнопкой мыши на графике и выбрав пункт контекстного меню – **Установки графика**.
7. Проверить результат установок графиков путем тестирования приложения в режиме сбора данных или воспроизведения. Как правило, всегда нужна какая-то доводка графиков.

Страницы и закладки

Как и во всех операциях Windows, существуют различные способы задания и редактирования страниц. Чтобы добавить страницу, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по существующей закладке на странице, рядом с которой необходимо создать новую. При этом откроется контекстное меню установок. Выберите пункт **Новая страница**, после чего новая страница добавится вслед за выбранной.

Можно вставить страницу впереди выбранной страницы, для чего выберите пункт **Вставить страницу**. Вновь созданная страница будет обозначена как **Страница X**.

Другим способом добавления страниц является использование пиктограммы в виде чистого листа, расположенной на панели инструментов. Пиктограмма **Новая страница** помещает новую страницу в конец списка страниц.

После того, как новая страница создана, она пуста, на ней следует создать графики и присвоить ей подходящее имя (в соответствии с типом информации на графиках).

Чтобы дать странице новое имя необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по закладке и выбрать из контекстного меню пункт **Переименовать страницу** и в поле ввода задайте новое имя.

Для удаления страниц необходимо использовать пункт меню **Удалить страницу**, который доступен как из контекстного меню самой выбранной страницы, так и из меню **Страница**.

Задание графиков

Выбрать какой-либо график и сделать его активным можно щелкнув правой кнопкой мыши в области графика. После щелчка появится контекстное меню, в котором необходимо выбрать пункт **Установки графика (F3)**. Диалоговое окно графика приведено на рис. 23.

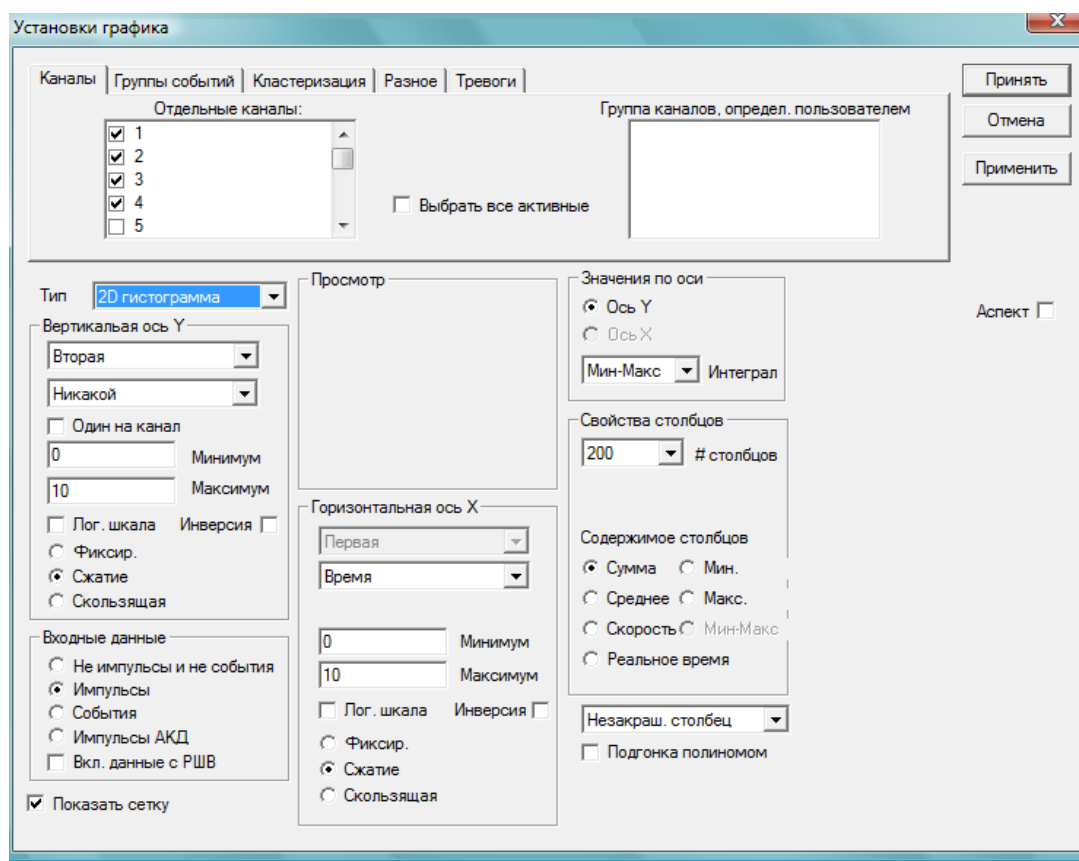


Рис. 23. Диалоговое окно Установки графиков

На закладке **Каналы** можно выбрать какие именно каналы и/или группы каналов будут отображаться на графике.

Вкладка **Группы каналов** показывает установленные группы событий (рис. 24).

Кластеризация позволяет выделять группы импульсов/событий, параметры которых близко расположены на точечных графиках (рис. 25).

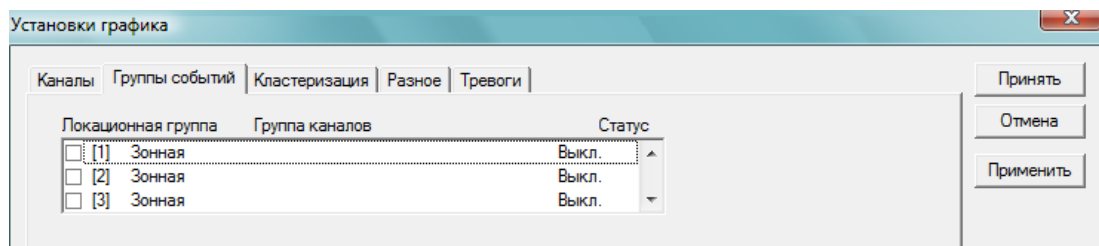


Рис. 24. Вкладка Группы каналов окна Установки графика

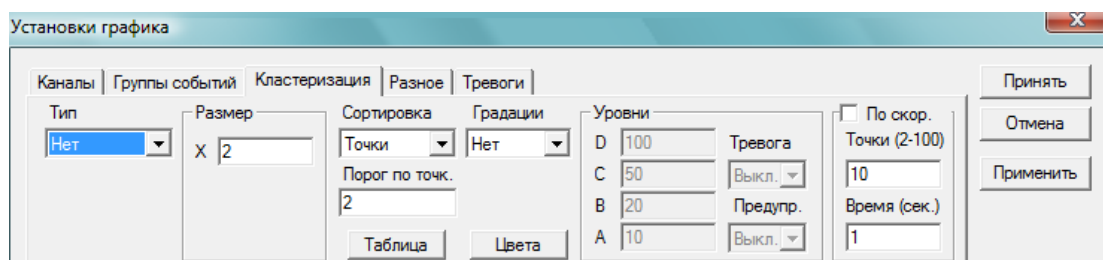


Рис. 25. Вкладка Кластеризация окна Установки графиков

Вкладка **Разное** позволяет установить опции: исторический график (область или калстер), показать цветовую легенду (рис. 26).

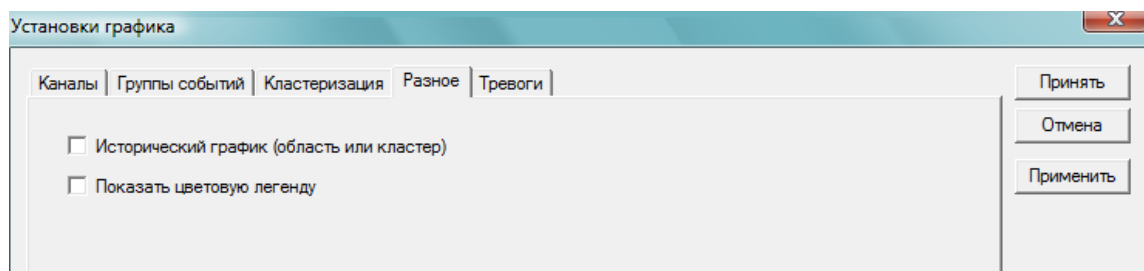


Рис. 26. Вкладка Разное окна Установки графиков

Вкладка **Тревоги** позволяет задать уровни тревог по данному графику (рис. 27).

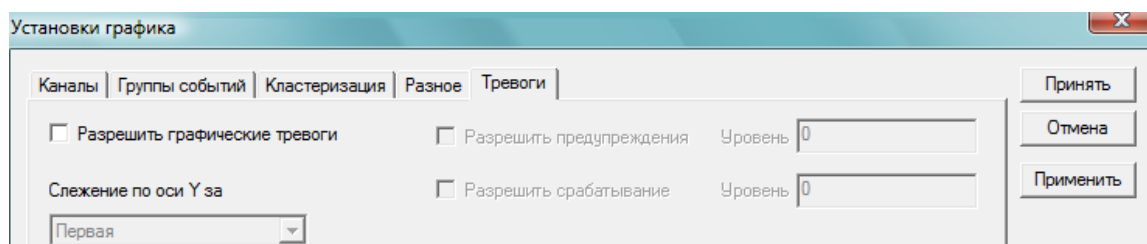


Рис. 27. Вкладка Тревоги окна Установки графиков

Расположенное ниже поле **Тип**, определяет тип графика, который можно выбрать из выпадающего списка. Можно выбрать различные типы графиков, включая двумерную гистограмму, двумерный точечный график, трехмерную гистограмму, форму волны, спектр мощности, и пр. В зависимости от выбранного типа графика диалоговое окно слегка видоизменяется.

Ниже в окне располагается блок **Вертикальная ось Y**. В первой строке находится поле выбора номера зависимости. С его помощью можно задать несколько накладывающихся зависимостей на одном графике. В выпадающем меню можно выбрать последовательно несколько графиков, которые будут располагаться в одном поле (т. е. накладываться друг на друга). Если строится один график, следует выбрать первый пункт – **Первая**. При добавлении новых графиков последовательно выбираются опции **Второй, Третий** и т. д. В меню, расположенном ниже, для каждого графика выбирается параметр, который будет отображен на оси Y.

Следующее ниже окно блока **Вертикальная ось Y** предназначено для задания параметра по оси ординат. Параметр выбирается из раскрывающегося длинного списка.

Флажок **Один на канал** позволяет каждому каналу присвоить свой цвет на графике. Это полезно при отображении нескольких каналов на одном графике. Если флажок помечен, можно получить множество зависимостей, каждая из которых будет иметь свой цвет, до 6 зависимостей на графике. Если флажок не помечен, график будет одноцветный.

Следующие ниже поля ввода **Минимум, Максимум** позволяют установить минимальное и максимальное значения параметра по оси Y.

Флажок **Лог. шкала** позволяет выбрать логарифмическую или линейную шкалу оси Y.

Следующая группа элементов управления, состоящая из трех переключателей, позволяет выбирать тип способа масштабирования графика: **Фиксированный** – масштаб остается неизменным в соответствии с заданными значениями параметров в окнах **Минимум** и **Максимум**. **Сжатие** оставляет значение **Минимум** параметра неизменным, меняя его – значение **Максимум** в процессе сбора данных/воспроизведения. **Скользкая** меняет значения параметра **Минимум** и **Максимум** таким образом, что любые данные, лежащие как ниже, так и выше заданных пределов, отображаются на графике.

Следующий блок **Входные данные** содержит переключатели для выбора типа входных данных и флажок **Включить данные с РШВ**. Кнопка **Не импульсы и не события** предназначена для отображения только периодически считываемых временных параметров, например, при построении зависимости нагрузки от времени. Кнопка **Импульсы АКД** предназначена для отображения параметров импульсов, полученных в режиме тестирования датчиков АКД. Например, если необходимо построить график значений давления, связанного с импульсами (т. е. когда значение давления считывается системой в момент прихода импульса), от времени, могут образовываться длинные интервалы, где не было импульсов и невозможно представить поведение давления на этих

участках. Если добавить на график значения давления, считываемое периодически, то недостаток будет устранен.

Ниже располагается флажок **Показать сетку**.

Справа располагается графическая миниатюра **Просмотр**, в которой предварительно отображается вид заданного графика.

Ниже находится блок **Горизонтальная ось X**. Активные элементы аналогичны элементам для оси.

Правые блоки диалогового окна **Установки графика** изменяются в зависимости от типа выбранного графика. Если выбран трехмерный график, то здесь будут находиться установки оси Z. Для точечных графиков здесь вообще не будет активных элементов, поскольку точки не нуждаются в обработке перед отображением.

При выборе гистограммы появляются блоки **Значения по осям** и **Свойства столбцов**. Блок **Значения по осям** указывает вдоль какой оси будут расти столбцы гистограммы. Режим **Интеграл** устанавливает вариант порядка построения столбцов.

Блок **Количество столбцов** позволяет установить разрешение оси, и то, как данные будут подсчитываться для образования столбцов. В общем, чем больше число столбцов, тем точнее график. Если ось гистограммы – временная, то обычно необходимо иметь максимальное разрешение с большим числом столбцов. Если ось – каналы, то число столбцов должно быть равно числу каналов.

Говоря о высоте столбцов гистограммы, можно выбрать суммирование всех данных внутри столбца, или усреднение данных в столбце, или отображение скорости (т. е. импульс/сек.). Предположим, есть 100 секунд и 100 столбцов. Каждый столбец будет содержать данные за одну секунду. Если необходимо отображать сумму данных, пришедших за секунду, либо их среднее значение, либо их скорость.

Внизу третьей колонки расположен флажок, который позволяет закрашивать столбцы гистограммы, или оставлять их пустыми.

После закрытия диалогового окна установок графика вверху полученного графика появится название графика. Оно отображает содержимое графика.

После установки параметров графиков можно запустить сбор данных или воспроизведение. Следует сохранять файл установок до проведения экспериментов.

Калибровка системы локации

Перед нагружением объекта необходимо проводить операцию калибровки, поскольку даже незначительное смещение датчиков антенны вызывает изменение разности времени прихода акустического сигнала,

а значит, возрастает погрешность локализации дефекта. Калибровка показывает правильность выбранной схемы расстановки и полностью ли охвачены диагностируемые области.

Исходя из калибровки задаётся время формирования события (либо по продольной, либо по поперечной волне).

Локацию можно выполнять как по расстоянию между ПАЭ и скорости, так и по времени прохождения сигнала между ПАЭ (в микросекундах). Если в том и другом случае локация совпадает, то измерение расстояния между датчиками и калибровка выполнены верно.

Если расстояние измеряется в разности времён между приходом сигнала на соседние датчики, когда калибровочный сигнал был имитирован на одном из них, источник АЭ может быть лоцирован в разностях времён. Тем самым, исключается важный источник погрешностей – несоответствие реальной скорости распространения упругих волн по различным участкам объекта и в различных направлениях от табличных значений. Измерение расстояния между датчиками или между датчиками и деталями объекта производится для того, чтобы привязать лоцированные источники к характерным деталям объекта контроля. Выполняя усреднение калибровочной величины для данной пары каналов, определяется калибровка для этой пары.

Установки локации в ПО АЕwin

При установке локационных групп необходимо использовать диалоговое окно **Локация** меню **Установки сбора данных (F8)** (рис. 28).

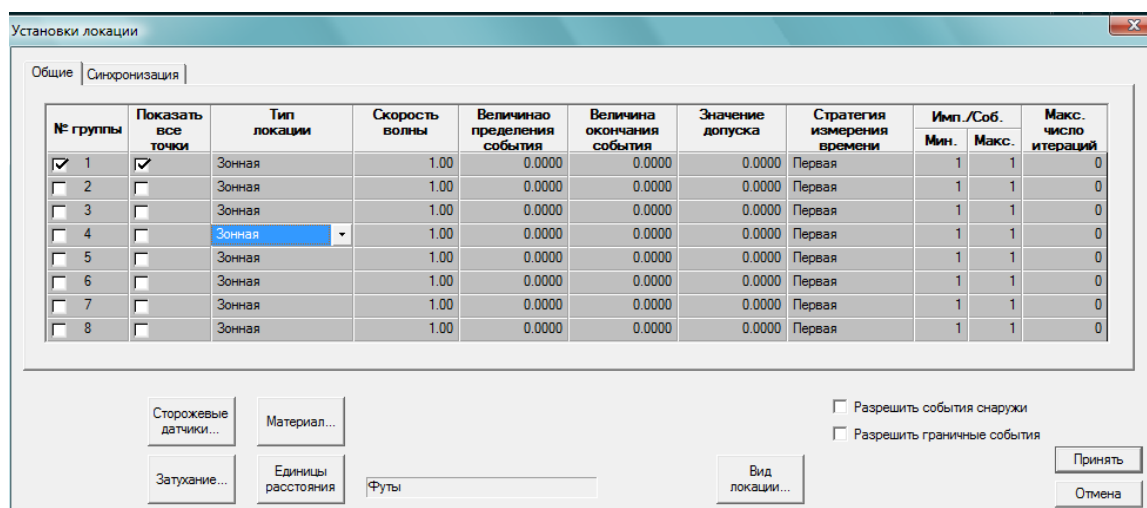


Рис. 28. Окно Установки локации

Локация источников производится путем анализа событий. События являются ансамблем импульсов и соответствующих им времен прихода. Установки на странице **Общие** управляют способом комбинации

импульсов в событии, и как события анализируются режимами локации для получения координат источников. Установки на странице **Синхронизация** управляют тем, как определяется время прихода каждого отдельного импульса, и даже является или нет импульс значимым, или исключается из локационного анализа.

Клавиша **F5** позволяет быстро установить все ячейки столбца равными значению текущей ячейки. Это свойство работает на обеих страницах.

Таблица страницы **Общие** содержит столбцы локационных групп и их типов.

В колонке **Номер группы** группы со сброшенными флажками игнорируются при воспроизведении.

Колонка **Показывать все точки** разрешает установить показ всех результатов локаций событий, которые были успешны для данной группы. Вне зависимости от того, какая из групп имеет помеченный флажок **Показывать все точки**, программное обеспечение всегда позволяет всем разрешенным группам анализировать данное событие, чтобы получить наилучшие результаты для каждой группы, а затем сравнивает результаты всех успешных групп, чтобы достигнуть наилучшего результата. Например, всегда предполагается, что линейная локация дает лучший результат, чем зонная локация, если имеется достаточное количество импульсов, для вычисления локации. Если ни одна из групп не помечена, то программное обеспечение дает только одну локационную точку на событие, и это является лучшим результатом, который отображается на графике и строчной распечатке. В некоторых случаях бывает полезным сравнение результатов локации двух локационных групп. В этих случаях можно пометить группы как **Показывать все точки**, и тогда будут отображаться все локации, которые группы смогли успешно вычислить. Окажется, что программа иногда выдает более чем одну локацию на событие, и если посмотреть на строчную распечатку, то можно увидеть дополнительные события с одинаковыми временами прихода. Дополнительные локации будут также отображаться в виде дополнительных точек на графиках, но они считаются за 1 событие в строке статистики. Иногда событие не может быть лоцировано более чем одной группой, так что установленный флажок **Показывать все точки** не гарантирует результат от данной локационной группы. Гарантией является только то, что, если группа сможет лоцировать событие, то его можно будет увидеть.

Столбец **Тип локации** дает возможность указать, какой режим локации использует данная локационная группа. Доступность режимов локации зависит от лицензированных опций.

Скорость волны – это ожидаемая скорость распространения сигнала АЭ, который планируется наблюдать. Она вводится как число

пользовательских единиц расстояния в секунду. Например, если в качестве единиц выбраны метры, то скорость волны выражается в метрах/сек. Если единицы расстояния выбраны на базе времени, этот столбец игнорируется локационным алгоритмом.

Кнопка **Материал...** дает доступ к базе данных скоростей различных материалов.

Всегда рекомендуется определять скорость волны в объекте испытания, например, с использованием имитатора.

Величина определения события – величина определения события в пользовательских единицах. Если пользовательские расстояния определены во временных единицах, то это непосредственно максимальное время между первым и последним импульсом в событии или максимальное значение РВП в группе. Если пользовательские единицы являются единицами расстояния, то длина преобразуется во временные единицы через скорость, указанную в столбце **Скорость волны**. Единицы скорости являются единицами расстояния, проходимыми волной за секунду. Например, если единицы расстояния заданы в метрах, то единицы скорости – м/сек.

Величина окончания события – величина также задается в единицах расстояния или времени, но она определяет интервал между последовательными событиями. На эту величину блокируются все локационные группы, пока не кончится время, эквивалентное этой величине. **Величина определения события** и **Величина окончания события** указываются от начала события (т. е. от времени прихода первого импульса). **Величина окончания события** равная нулю позволяет перекрываться событиям в двух различных группах. Наложение двух событий не допускается в одной и той же группе, вне зависимости от того, как установлена **Величина окончания события**.

Если **Величина окончания события** больше **Величина определения события**, то импульсы игнорируются после события на разность этих величин. Это бывает полезно, если отражения могут создавать дополнительные акустические сигналы.

Значение допуска – эта величина задается в единицах расстояния. До начала сбора данных или воспроизведения, ПО вычисляет таблицу разности времен прохода импульсов между датчиками, используя их известные координаты и указанную пользователем скорость волн. **Значение допуска** также при необходимости преобразуется во время.

Разности времен прихода импульсов события сравниваются с табличными значениями. Для того, чтобы импульс был включен в событие, разность времени его прихода к датчику, по отношению к первому пришедшему импульсу, должна быть меньше табличного значения, но

допустима некоторая величина ошибки. Разность времени прихода импульса может быть больше табличного значения на величину **Значение допуска**, и такие импульсы включаются в событие.

Столбец **Стратегия измерения времени** показывает какая стратегия, перечисленная на странице **Синхронизация**, будет применяться для данной группы.

Стратегия определяется на странице **Синхронизация**, но контролируется ее применение для конкретной группы в столбце **Стратегия измерения времени**.

Столбец **Макс. и Мин. число импульсов в событии** относится только к регрессионным режимам. Теоретически, множественная регрессия может суммировать неограниченное количество датчиков (импульсов) в событии при подгонке, но в программе предусмотрены ограничения. Во-первых, минимальный предел регламентируется математическими аспектами конкретного режима локации. Для сферического, цилиндрического и всех плоскостных регрессионных режимов, событие должно состоять из минимум 3 импульсов. Для трехмерной локации необходимо минимум 4 импульса на событие, для вычисления локации. Все регрессионные режимы могут использовать до 8 импульсов на событие.

С помощью установки **Макс. и Мин. число импульсов в событии** можно управлять анализом событий в пределах этих величин. Например, для анализа на двумерной плоскости требуется минимум 3 импульса на событие для вычисления результата локации, но это не является перепределенным результатом. С 4-мя и более импульсами регрессионный анализ производит более точную оценку координат за счет усреднения ошибок данных. Таким образом, пользователь может задать минимальное значение **Макс. и Мин. число импульсов в событии** = 4, чтобы исключить события с 3-мя импульсами. Это снизит количество лоцированных событий и уменьшит разброс результатов. В некоторых случаях, можно наблюдать события только с указанным количеством импульсов.

Установка **Макс. и Мин. число импульсов в событии** в 4 ограничит анализ событий только теми, которые образованы 4 импульсами.

Столбец **Макс. число итераций** относится к итеративным режимам. В данном случае установка **Макс. число итераций** управляет числом локаций, оцениваемых для нахождения наилучшей. Строго говоря, эта установка не является просто числом циклов поиска по двум причинам. Первая – некоторые поисковые алгоритмы могут оценивать переменное число локаций за один цикл. Вторая – другие поисковые алгоритмы используют вложенные циклы. Из-за изменчивости алгоритмов поиска, реальное число оцениваемых локаций может быть слегка больше (0–3), чем установленное значение **Макс. число итераций**. Умень-

шение значения числа итераций скорее прекращает анализ локаций, но имеет результатом худшую точность поиска наилучшего значения.

Если тип локации не является регрессионным, то столбцы **Макс. число итераций** и **Макс. и Мин. число импульсов в событии** игнорируются. В этом случае в столбце **Макс. число итераций** отображаются нули. Значения **Макс. и Мин. число импульсов в событии** отображают точное число импульсов, требуемое для данного локационного режима.

Например, для линейной локации требуется 2 импульса на событие, и, если **Тип локации** выбран **Линейный**, то оба столбца **Макс. и Мин. число импульсов в событии** будут содержать 2, и нельзя изменить эти значения.

Установки на закладке **Синхронизация** отображены на рис. 29.

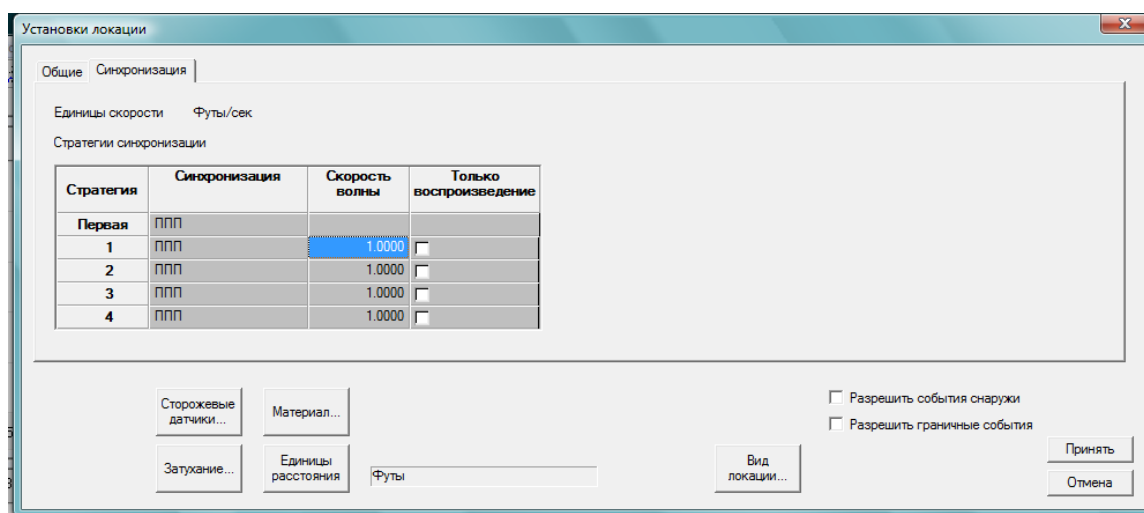


Рис. 29. Вкладка **Синхронизация** окна **Установки локации**

Стратегии измерения времени обрабатывают импульсы и связанные с ними формы волн для получения времен прихода. Список времен прихода последовательности импульсов разбивается на группы для формирования события. Локационные режимы анализируют разности времен прихода (дельта-Т) импульсов для вычисления локации источника. Для выбранного локационного режима ПО анализирует событие, как минимум, один раз. Первый анализ осуществляется согласно **Первой стратегии**. Если Вы используются дополнительные стратегии с одним из регрессионных режимов, то ПО выполняет повторный анализ событий для уточнения локации источника путем добавления времен прихода, полученных вторичными стратегиями (1–4), к событию.

Установки стратегии находятся на закладке **Синхронизация**, но в столбце **Стратегия измерения времени** устанавливается, какая из групп использует ее на основной странице. Если щелкнуть мышью на

столбце **Стратегия измерения времени**, то возникает диалоговое окно **Выбор стратегии**, показанное на рис. 30.

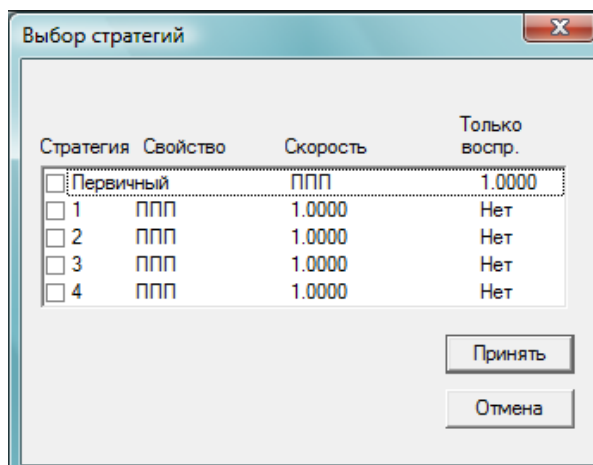


Рис. 30. Окно *Выбор стратегии*

Это диалоговое окно обобщает текущие установки стратегий со страницы **Синхронизация**. После нажатия **ОК**, ячейка в столбце **Стратегия измерения времени** будет обновлена, и будет отображать установленные стратегии. Исключением является **Первичная стратегия**, которая всегда отображается в ячейке, как **Первичный**.

При помеченных дополнительных стратегиях, сброс флажка первичной стратегии вызывает игнорирование времен прихода первичной стратегии при вторичном анализе события, но эти времена прихода (первичная стратегия) по-прежнему используются для выполнения первичного анализа. Если локационный режим не может дать адекватный источник после первичного анализа, ПО не делает попытки уточнить локацию по вторичным данным. В этом отношении первичная стратегия действует подобно фильтру для вторичного анализа, даже если результаты первичного анализа не используются во вторичном. Для того, чтобы отразить эту скрытую фильтрацию, столбец **Стратегия измерения времени** показывает **Первая**, в то время как первичная стратегия не используется во вторичном анализе.

На закладке **Синхронизация** для каждой стратегии имеется несколько доступных опций.

Для первичной стратегии единственным доступным является столбец **Синхронизация**. Остальные столбцы не используются, поскольку они не нужны для первичной стратегии. Например, первичная стратегия всегда использует скорость, указанную в столбце **Скорость волны** на главной странице.

Первичная стратегия всегда применяется как при сборе данных, так и при воспроизведении. Первичная стратегия основывается на результа-

тах аппаратных измерений параметров импульса, так что обработка формы волны недоступна. Позже ПО ищет и образует пары сообщений об измеренном импульсе и соответствующей ему форме волны, так, чтобы было возможно при вторичных стратегиях обрабатывать волновые формы.

Столбец **Синхронизация** определяет как определяются времена прихода импульсов. Имеется два основных выбора: **ППП – Первое пересечение порога, Измерение по пику**. Все времена прихода определяются как время эксперимента, ассоциированное с импульсом, и переменное смещение. При сборе данных аппаратура устанавливает время прихода импульса по первому пересечению порогового значения, которое устанавливается пользователем в диалоговом окне **Установки аппаратуры АЭ**.

Первое пересечение порога устанавливает время прихода импульса равным времени пересечения порога, без всякого смещения. При способе **Измерение по пику**, к этому времени прибавляется время **Время нарастания**, измеренное аппаратно для данного импульса. Время нарастания определяется как задержка между временем первого пересечения порога и наибольшей амплитудой пика в течение интервала **Время измерения пика**). Для того, чтобы этот способ работал, необходимо, чтобы было разрешено измерение времени нарастания на закладке **Параметры данных** диалогового меню **Установки аппаратуры АЭ**.

Третий способ измерения времени **Приход по установке** используется при воспроизведении файла данных, в котором некоторые или все времена прихода модифицированы с помощью **Связи импульс/событие**. Если используется этот способ при воспроизведении такого файла данных, то используются модифицированные времена прихода вместо оригинальных. Для всех других способов измерения времени используются оригинальные времена прихода. Способ предназначен только для воспроизведения. Если он выбран при сборе данных, то он по умолчанию превращается в способ **ППП**.

Столбец **Скорость волны** содержит скорость, используемую при анализе локаций. Регрессионные режимы локации используют скорость для преобразования разности времен прихода в разницу расстояний до датчиков. Это скорость, ассоциируемая с приходом каждого импульса. Для первичной стратегии эта скорость всегда берется из установки **Скорость волны** окна **Установки локации**. При вторичном анализе используется скорость из ячеек вторичных стратегий, когда к списку импульсов в событии добавляются новые времена прихода.

Столбец **Только воспроизведение** указывает будет ли применяться данная стратегия при сборе данных и воспроизведении, или только

при воспроизведении. Поскольку вторичные стратегии вызывают повторный анализ событий и времена прихода могут быть удалены из профильтрованных цифровыми методами форм волн, то это может снизить скорость обработки данных. В случаях, когда важны высокие скорости сбора данных, можно отложить вторичный анализ до окончания сбора данных. Флажок **Только воспроизведение** просто упрощает отключение стратегии при сборе данных без утомительного отключения и включения стратегии с окна **Установки локации**.

Диалоговое окно выбора единиц расстояния **Единицы расстояния** открывает одноименное диалоговое окно (рис. 31). Пользователь может выбрать единицы из выпадающего списка. Имеется возможность конвертации предыдущих числовых значений в новые единицы просто путем пометки флажка **Преобразовать все числовые значения в новые единицы**.

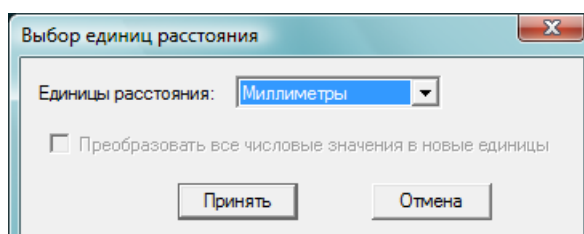


Рис. 31. Окно Выбор единицы расстояния

Нажатие кнопки **Материал...** открывает диалоговое окно выбора свойств материала (рис. 32). Это диалоговое окно представляет собой базу данных скоростей распространения волн в различных материалах.

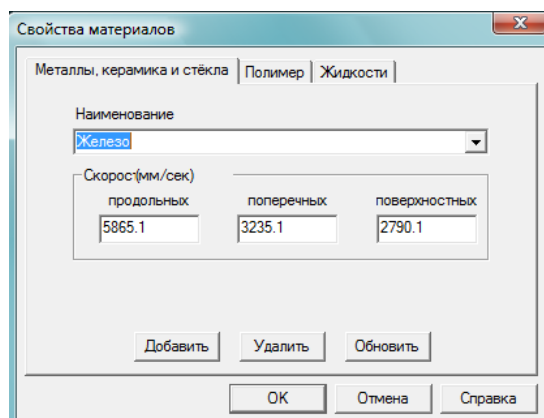


Рис. 32. Окно Свойства материалов

Нажатие кнопки **Затухание...** приводит к открытию одноименного диалогового окна, показанного на рис. 33.

Целью данного диалогового окна является оценка с помощью ПО амплитуды АЭ в источнике по кривой затухания АЭ в функции расстояния от источника.

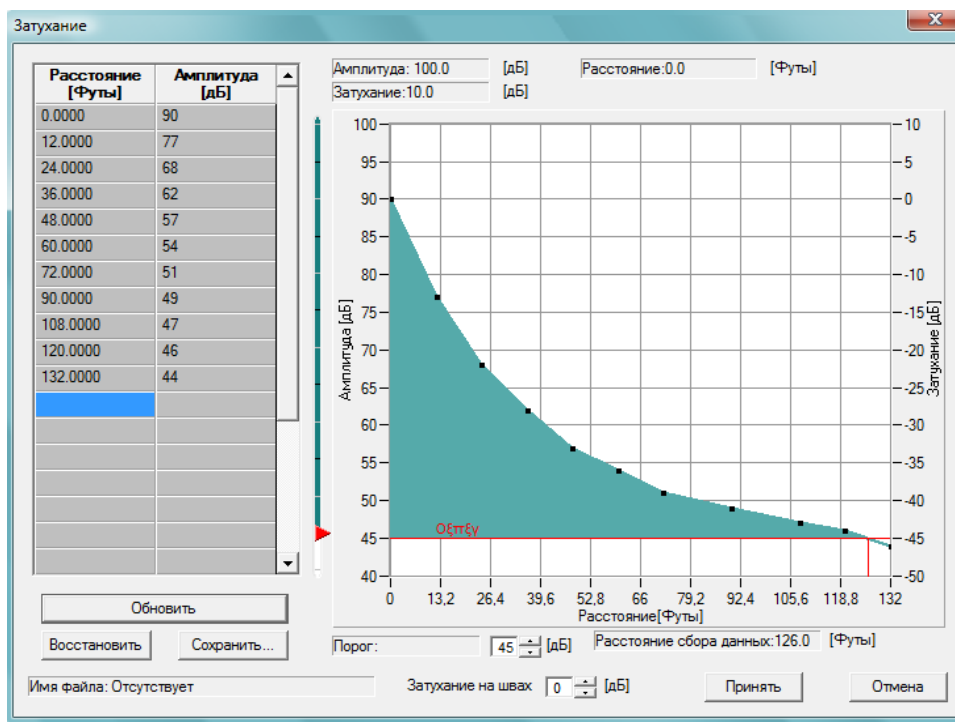


Рис. 33. Окно Затухание

Используется амплитуда, наблюдаемая на датчике, к которому сигнал пришел первым, расстояние до источника события, и таблица затухания, введенная в указанное диалоговое окно. Таблица затухания документирует амплитуду сигнала как функцию расстояния. Единицы расстояния определяются установкой единиц измерения расстояния в окне **Установки локации**. Кнопка **Обновить** вызывает перестройку графика, чтобы отобразить текущие данные в таблице.

Есть возможность записывать данные по затуханию на диск и считывать с него с помощью кнопок **Восстановить/Сохранить**.

Основная процедура использует таблицу для вычисления разности между амплитудой в источнике и на наблюдаемом расстоянии от него. Если расстояние до источника от датчика, куда сигнал пришел первым, попадает между значениями в таблице, амплитуда для этого расстояния вычисляется с помощью линейной интерполяции между двумя ближайшими расстояниями в таблице. Используя как пример таблицу рис. 31, если расстояние от источника до датчика, куда сигнал пришел первым, равно 30 дюймов, то по табл. 2 ближайшие значения – это 68 на 24 дюймах, и 62 – на 36 дюймах. Интерполированная амплитуда равна 65 ($68 - (68 - 62) \cdot 0,5$). Коррекция, примененная к амплитуде на датчике, куда сигнал пришел первым, равна 25 дБ ($90 - 65$). Если амплитуда сигнала на датчике первого прихода была 60, то на строчной распечатке будет величина амплитуды источника 85 дБ для данного примера. Ам-

плитуды не экстраполируются за максимальным расстоянием. Если расстояние выходит за максимальное расстояние по таблице, то применяется максимальная коррекция, равная 46 (90–44). Если пользователь не открывал данное диалоговое окно, чтобы заполнить таблицу, то значения не корректируются, и амплитуда источника определяется равной амплитуде на датчике, к которому сигнал пришел первым.

Нажатие кнопки **Сторожевые датчики** открывает диалоговое окно, показанное на рис. 34.

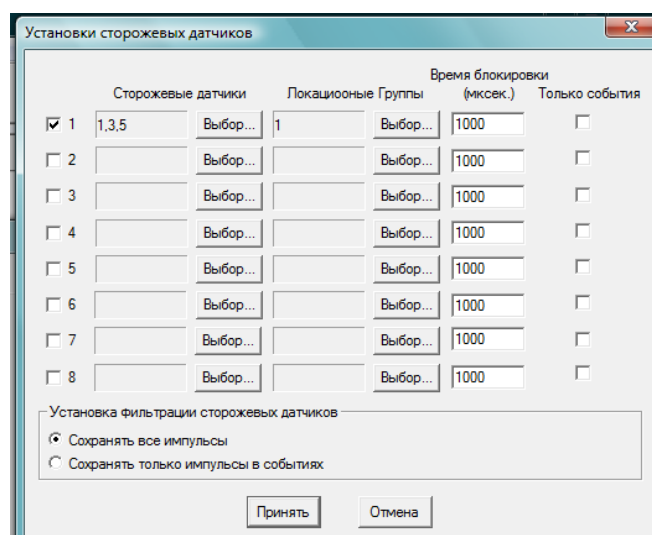


Рис. 34. Окно Установки сторожевых датчиков

Сторожевые датчики могут использоваться для блокировки событий от выделенных локационных групп, если датчик, к которому сигнал пришел первым, является защитным датчиком. Это сделано для ситуаций, при которых желательно игнорировать сигналы извне локационной группы.

На приведенном рисунке показано, что датчики 1, 3 и 5 защищают группу 1 от внешних событий. Если первый импульс пришел на датчики 1, 3 и 5, то локационная группа 1 не будет обрабатывать события в течение последующих 1000 мксек. Если был установлен флажок **Сохранять только импульсы в событиях**, то только следующее событие группы 1 будет заблокировано, вместо блокировки следующих 1000 мксек. Поле **Время блокировки** будет неактивным, поскольку это значение не используется.

Блок **Установки фильтрации сторожевых датчиков** определяет какие импульсы сохраняются на диске в файле ДТА при установленных сторожевых датчиках. Установка по умолчанию – сохранение всех импульсов, но можно ограничить сохранение данных только теми, которые образуют события и импульсы от сторожевых датчиков. Это может быть полезно в ситуациях, когда внешний шум генерирует большое ко-

личество импульсов, которые бесполезны для определения локаций. Дополнительные импульсы не только занимают место в файле данных, но также замедляют воспроизведение файла.

Карта локации и диалоговое окно размещения датчиков

Можно располагать датчики как угодно, но, при регрессионных режимах локации, получатся лучшие результаты, если расположение датчиков представляет собой равномерно распределенные треугольные фигуры. Оптимальным расположением является треугольная сетка из равносторонних треугольников, хотя регрессионный режим не требует точного равенства сторон треугольников и даже одинаковых расстояний между датчиками. Необходимо избегать создавать треугольники с очень длинными, или очень короткими сторонами, поскольку они не будут давать хороших локаций источников.

Нажатие кнопки **Вид локации** открывает диалоговое окно **Размещение датчиков АЭ** (рис. 35).

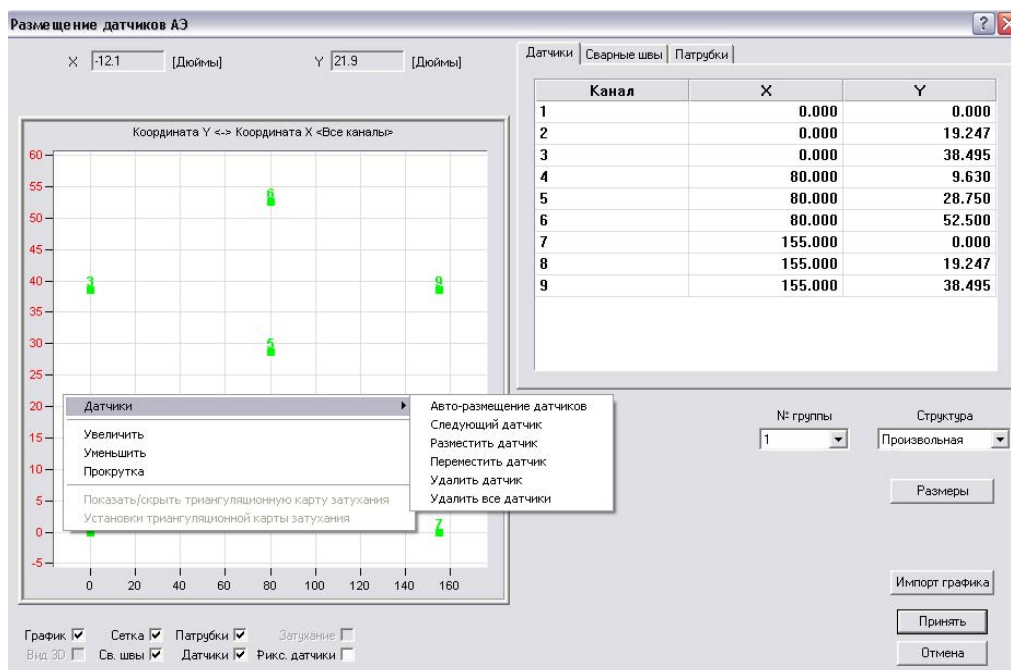


Рис. 35. Диалоговое окно расстановки датчиков

Это окно содержит 2 главные области: слева – реальное расположение датчиков в пространстве, и справа – таблица со списком их координат. Правая сторона также содержит закладки, с помощью которых отображаются координаты имеющихся сварных швов и патрубков.

Имеется 2 способа размещения датчиков с помощью диалогового окна **Размещение АЭ датчиков**. При работе с таблицей датчиков, нажатие клавиши **INS** добавляет новый датчик. Клавиша **F2** позволяет редактировать координаты датчика и, тем самым, перемещать его в нужное

место. Альтернативным способом является щелчок правой кнопкой мыши на области отображения датчиков для получения контекстного меню, по казанного на рис. Пункты **Размещение датчиков** и **Следующий датчик** дают возможность расположить датчик в текущей позиции. **Следующий датчик** автоматически присваивает ему следующий порядковый номер. **Разместить датчик** запрашивает номер датчика. Также можно использовать пункт **Автоматическое размещение датчиков** для создания сетки датчиков с регулярными координатами. Можно работать со сварными швами и патрубками, так же, как с датчиками.

Список **Структура** расположен под таблицей. Поддержка сварных швов, патрубков, ручного расположения датчиков, и автоматическое их размещение изменяется в зависимости от выбора структуры.

Первое, что необходимо сделать при создании новой локационной группы, это установить структуру. Поле **Номер Группы** позволяет быстро перейти к редактированию другой группы датчиков без возврата в диалоговое окно **Установки локации**. Если изменено текущее состояние, то программа запросит его сохранение.

При нажатии кнопки **Размеры** возникает диалоговое окно, которое также зависит от типа структуры. Второе, что необходимо сделать при работе с новой локационной группой – задать размеры структуры. Размеры влияют на масштаб окна расположения датчиков. Если задать некорректное значение размеров, то некоторые датчики могут быть не видны.

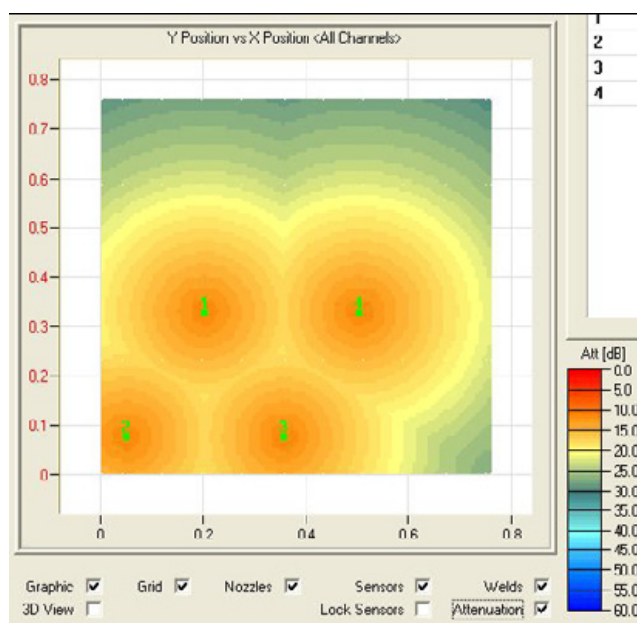


Рис. 36. Картина затухания

Для управления окном отображения датчиков, предназначены находящиеся под ним ряд флажков. Флажки **Патрубки**, **Датчики**, и

Сварные швы, указывают, отображаются или нет соответствующие объекты. Подобным образом флажок **Сетка** указывает, отображается ли сетка декартовых координат для упрощения установки датчиков. Флажок **Графика** управляет отображением чертежа структуры в окне расположения датчиков. Флажок **Фиксация датчиков** запрещает перемещение датчиков с помощью мыши.

Флажок Вид 3D включает двумерный и трехмерный виды расположения датчиков, если структура поддерживает оба этих вида.

Флажок **Затухание** вызывает отображение карты затухания сигнала в виде concentрических кругов вокруг датчиков, как показано на рис. 36.

Все регрессионные режимы являются вариациями двумерной плоскостной локации. Рассмотрим некоторые примеры способов локации.

Установки и проверка работы зонной и линейной локации

Для примера используем файл установок **Zonal_Linear.lay** и файл данных **Zonal_linear.dta**, которые находятся в каталоге AEDData в вашем каталоге ПО, например в **C:\Program Files\Physical Acoustics\Aewin for Disp\AEDData**.

Если имеется два датчика, подключённые к каналам 1 и 2 системы, то для установок зонной локации необходимо сделать следующее:

Шаг 1. Открыть файл установок **Zonal_linear.dta**.

Шаг 2. Открыть диалоговое окно **Установки локации**.

На странице **Общая** выбрать единицы расстояния **Дюймы**.

Шаг 3. В данном примере выберите группу зонной локации как группу №1. Графа **Скорость волны** связана с единицами расстояния. В данном случае это будут дюймы/сек. Вы можете найти скорость, используя диалоговое окно **Свойства материала**. База данных содержит значения скоростей для продольных, сдвиговых и поверхностных волн. Часто бывает лучше непосредственно измерить скорость волн, используя АЭ систему. Для этого используйте строчную распечатку для определения времени пробега волны (Δt) между датчиками. Чтобы получить скорость, разделите расстояние между датчиками на Δt . Для того, чтобы определить скорость корректно, необходимо эмитировать тип дефекта, который необходимо зарегистрировать. Введите значение скорости в поле.

В примере использован алюминиевый стержень и слом грифеля карандаша в качестве источника. Хотя значения продольной и сдвиговой скоростей 249000 и 123000 дюймов/сек. соответственно, экспериментально определили скорость 176000 дюймов/сек.

Значение **Величина определения события** должны быть выбрана в тех же единицах расстояния. Это значение должно быть установлено так, чтобы была уверенность, что импульс, пришедший из любой точки

лоцируемого пространства, достиг бы минимального количества датчиков, формирующих событие. В данном случае датчики разнесены на 30 дюймов, это значение должно быть, как минимум, 30, чтобы от события пришли импульсы к двум датчикам. Введено значение 60.

Значение **Величина окончания события** (в выбранных единицах расстояния) должно быть таково, чтобы быть уверенным, что дополнительные импульсы и отражения, связанные с событием, затухнут. Выбранная величина времени или расстояния является «мертвым» временем, в течение которого система ждет, что событие затухнет. В примере оно выбрано по умолчанию 0, поскольку отражения не являются проблемными в данном эксперименте.

Значение **Значение допуска** также выбирается в единицах расстояния, и обычно составляет примерно 10 % **Величина определения события**, чтобы быть уверенным, что небольшие вариации в пути распространения волны не игнорировались локационным алгоритмом. Установки на странице **Синхронизация** принять по умолчанию.

Шаг 4. После того, как локационная группа установлена, можно определить расположение датчиков с помощью диалогового окна **Вид локации**. В окне показано размещение группы датчиков № 1.

Шаг 5. Далее необходимо выбрать **Структуру**. В окне структуры установлено **Произвольная структура**, позволяющая размещать датчики в любом месте, не заботясь о геометрии структуры.

Далее, необходимо указать размеры структуры. Для структуры типа **Произвольная** размеры не участвуют в вычислениях локации, но устанавливаются пределы осей в графическом окне размещения датчиков.

Установить размеры минимум и максимум по осям X и Y в 0 и 30 соответственно.

Шаг 6. Теперь необходимо расставить датчики. В примере они внизу графического окна в точках с координатами (0,0) и (30,0).

Для того, чтобы разместить новый датчик, достаточно щелкнуть правой кнопкой мыши на графической области и в контекстном меню выбрать подменю **Датчики** и выбрать нужную команду. Обратите внимание на то, что координаты X и Y курсора мыши отображаются сверху графической области. После того, как закончено размещение датчиков, щелчок правой кнопкой вернет курсор мыши к нормальному виду в виде стрелки. Нажатие клавиши **ESC** эквивалентно нажатию кнопки **Принять** для диалогового окна, и все изменения, которые сделаны по размещению датчиков будут отменены.

Шаг 7. На предыдущих шагах были полностью определены установки локации. Следующим шагом будет процесс установки графиков для наблюдения локаций при сборе данных и воспроизведении.

Принять установки окна **Установки локации** и сохранить файл установок на диск, используя меню **Файл** (или сочетание клавиш **Ctrl-S**).

Шаг 8. Далее необходимо создать подходящий локационный график. Изучите принятые установки графиков.

Теперь можно начать испытание или воспроизведение данных. В качестве предостережения, необходимо всегда сохранять установки в файле на диске. Когда, например, пропадает электропитание, или случается что-то еще, и работа пропадает даром.

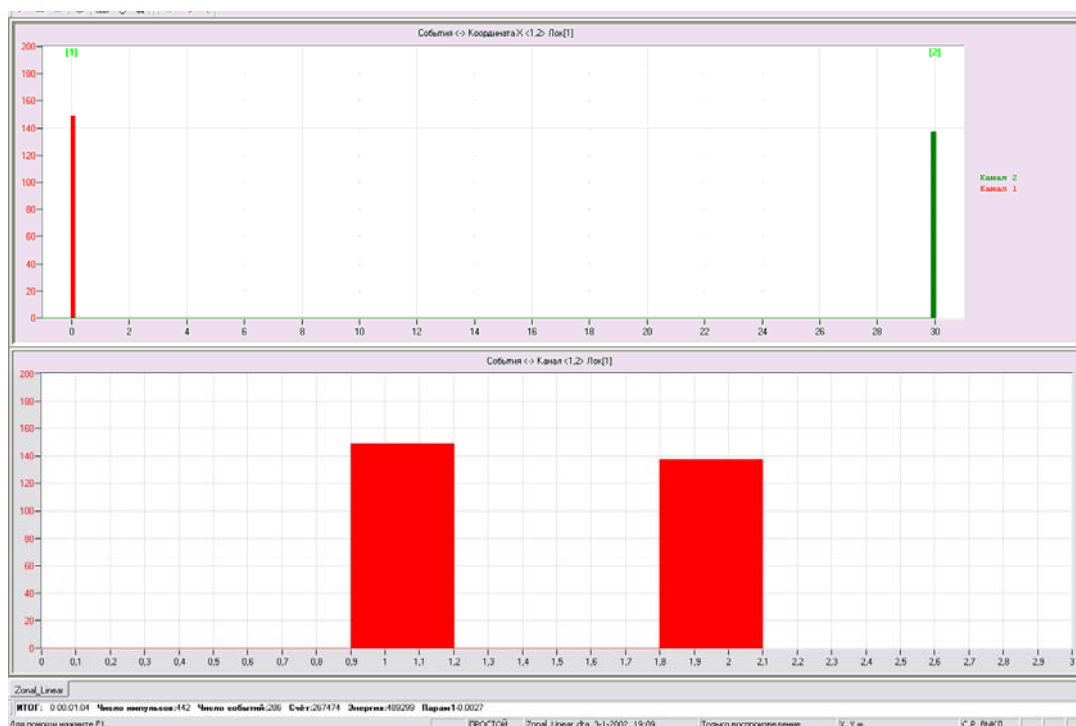


Рис. 37. Графики зонной локации

Шаг 9. Следующим шагом после установки графиков является тестирование установок и проверка, что все функционирует нормально при сборе данных. Это можно сделать путем пробного сбора данных, если мы уже разместили датчики на объекте, либо путем воспроизведения испытания, записанного в файле **Zonal_Linear.dta** (рис. 37). Верхний график показывает, что события сосредоточены в месте расположения датчиков 1 и 2, хотя в реальности события распределены вдоль прямой, соединяющей датчики. Также можно видеть, что справа, на датчике 2 несколько меньше событий. Это подтверждается графиком зависимости событий от каналов. Причина такого распределения событий кроется в том, что зонная локация регистрирует событие по датчику, к которому импульс пришел первый.

правильно, и можно приступить к испытаниям.

Если модифицировать локационный график, чтобы превратить группу с зонной локацией в группу с линейной локацией получим результат воспроизведения на рис. 38.



Рис. 38. Графики линейной локации

Если сравнить полученный результат линейной и зонной локации с тем же файлом, при линейной локации на графике имеются события, лоцирующиеся вдоль линии, соединяющей 2 датчика.

Из полученной картинке можно заключить, что установки сделаны

Этот пример демонстрирует один из очень тонких инструментов, реализованных в ПО: возможность изменять установки и визуализацию результатов при воспроизведении. Это помогает при анализе данных.

Двумерная плоскостная локация

При двумерной плоскостной локации является сложной проблемой лоцировать источники АЭ, если все импульсы, образующие событие, приходят от датчиков, расположенных вдоль прямой линии (линейные события). Для линейных событий, даже если можно определить расстояние от линии, нет способа определить с какой стороны от линии произошло событие.

Случайная ошибка в данных также делает определение расстояния от линии крайне недостоверным.

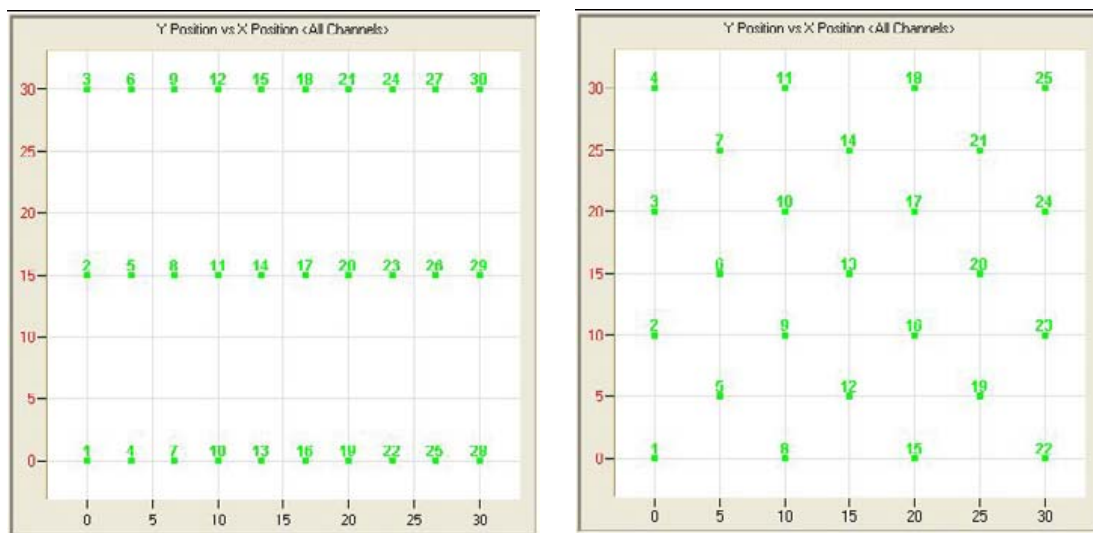
ПО фильтрует линейные события и не делает попыток получить по ним двумерную локацию. Чтобы избежать большого количества линейных событий, которые будут игнорированы программой, избегайте расставлять датчики, как показано на рис. 39,а.

Лучшее расположение – когда расстояния между всеми датчиками приблизительно одинаковы (рис. 39, б).

Треугольники с очень длинной, или очень короткой стороной, также вызывают проблемы, поскольку они приближаются по своей форме к прямой линии. Идеальным расположением является сетка равносторонних треугольников, хотя не требуется точное равенство всех сторон.

Режим плоскостной локации предназначен для работы со структурой **Произвольная**, так и с **Плита**. Хотя нет разницы в алгоритмах

Диалоговое окно размеров для структур **Произвольная** и **Плита** содержит пределы по осям X и Y. Эти установки определяют масштаб графика в окне расположения датчиков.



а

б

Рис. 39. а – «плохое» расположение датчиков, б – «хорошее» расположение датчиков

Для структуры типа **Плита** эти установки имеют дополнительное значение. Когда режим плоскостной локации анализирует события, то он ограничивает события локационных групп, использующих структуру **Плита** размерами плоскости. Для того, чтобы регистрировать события в области границ, ПО имеет допуск 2 % от длины соответствующей оси. Например, если ось X имеет минимум 0 и максимум 100, то события, имеющие координату более 102 и менее – 2 будут отбрасываться как ложные. Если не нужно ограничивать область регистраций, необходимо установить структуру Плита.

После установки датчиков для групп с режимом локации **Плоскость**, необходимо создать локационный график.

Используя раскрывающееся меню **Графика**, необходимо выбрать пункт **Новый график**, и сконфигурировать график, используя диалоговое окно **Установки графика (F3)**.

Цилиндрическая локация

Цилиндрическая локация предназначена для лоцирования АЭ сигналов на цилиндре с плоскими, эллиптическими, и полусферическими крышками, или без них. Такая локация сходна с двумерной плоскостной локацией, если одна из осей X, Y обернута вокруг цилиндра.

При размещении датчиков на цилиндре, имеется несколько правил, которых следует придерживаться. Как и в двумерной плоскостной локации, ПО не может успешно лоцировать источник, если все импульсы пришли от датчиков, расположенных вдоль прямой линии. Необходимо избегать прямоугольной сетки датчиков, в которой расстояние между рядами сильно отличается от расстояния между столбцами, как показано на «плохой» расстановке датчиков при плоскостной локации на рис. 39. Как уже указывалось, оптимальной расстановкой будет треугольная сетка из равносторонних треугольников.

Для цилиндрической локации важно также, чтобы треугольники на крышках цилиндра не слишком отличались по размерам от треугольников на теле цилиндра, в особенности, если крышки плоские. Если не выполнять это, то можете получить ложные кластеры событий вдоль границы тело – крышка.

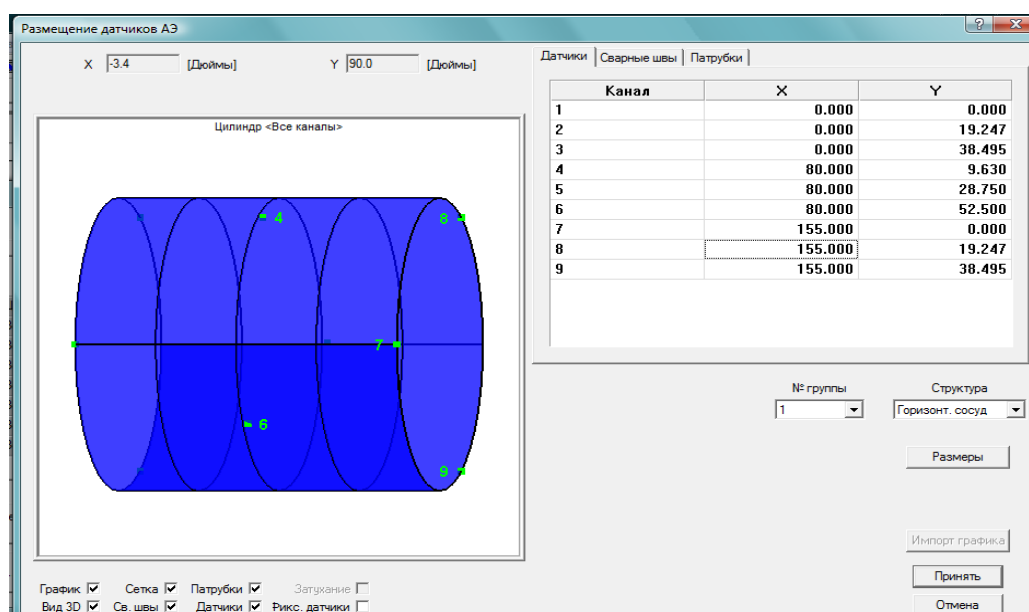


Рис. 40. Установки цилиндрической локации (трехмерный вид)

Датчики, которые находятся на 180 % друг против друга, также вызывают математически некорректные события. Геометрически это эквивалентно прямой линии датчиков. Если событие образовано датчиком на одной стороне цилиндра и двумя другими, расположенными точно на 180 % на другой стороне, то невозможно определить с положительной, или отрицательной стороны расположен источник. В общем, рекомендуется располагать по 3 датчика по окружности цилиндра. Если получится установить 2 датчика по окружности цилиндра, то необходимо располагать остальные ряды в шахматном порядке, иначе можно не увидеть лоцируемых событий.

Для размещения датчиков на цилиндре, и установки параметров цилиндра используется диалоговое окно, показанное на рис. 40. Цилиндрическая локация имеет только горизонтальную и вертикальную цилиндрическую структуру.

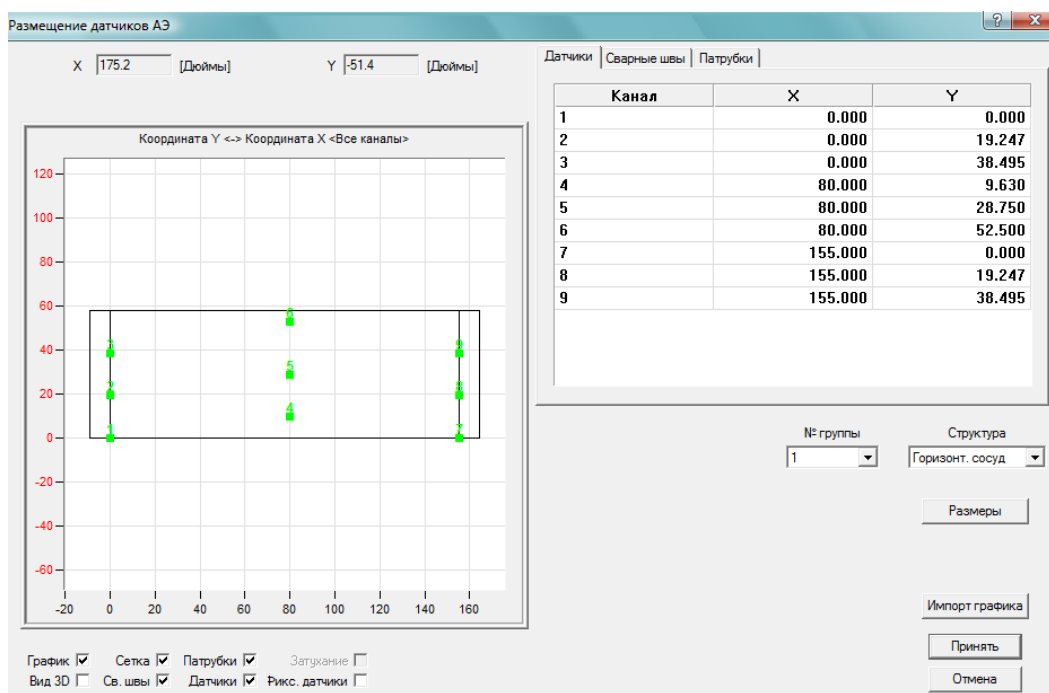


Рис. 41. Установки «плохой» цилиндрической локации (двумерный вид)

По умолчанию окно установок показывает трехмерный вид. Если необходим двумерный вид, то необходимо сбросить флажок Вид 3D (Трехмерный вид). В этом случае на графическом поле окна будет представлена развертка цилиндра, как показано на рис. 41. На развертке диалогового окна при двумерном виде и на двумерных локационных графиках рисуется прямоугольник с размерами, заданными пользователем. Для горизонтального цилиндра прямоугольник размещается таким образом, чтобы вдоль оси X была длина цилиндра, а вдоль оси Y – вычис-

ленная по значению диаметра длина окружности. Для вертикального цилиндра содержания осей X и Y меняются местами.

Оба указанных размера важны для вычисления координат источника. Диаметр используется для вычисления длины окружности цилиндра. Высота или длина в комбинации с диаметром используется для устранения локаций на теле цилиндра, возникающих от крышек. Здесь же находится выпадающий список типов крышек цилиндра.

Возможный выбор: **Сферическая, Плоская, Эллиптическая и Без крышки** (рис. 42). Если выбрано наличие одной из крышек, то на графике расположения датчиков рисуются два дополнительных прямоугольника сверху и снизу (для вертикального цилиндра), или слева и справа (для горизонтального цилиндра). Эти прямоугольники увеличивают размер цилиндра на величину, зависящую от типа крышки. Для сферической и плоской крышек – это величина радиуса крышки, которая равна радиусу цилиндра (или половине диаметра, введенного пользователем). Для горизонтального цилиндра прямоугольник будет располагаться вдоль оси X, от значения «– радиус», до «длина+радиус», для вертикального – вдоль оси Y, от «–радиус», до «высота+радиус». Для эллиптических крышек применяется соотношение 2:1 между радиусом цилиндра и радиусом, перпендикулярным к крышке, т. е. расстояние равно $\frac{1}{2}$ от радиуса цилиндра, или $\frac{1}{4}$ введенного пользователем диаметра.

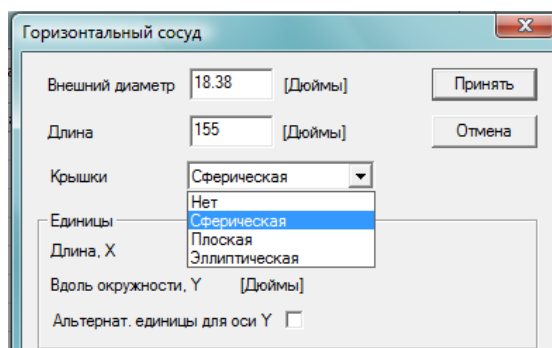


Рис. 42. Установки локационного графика цилиндра

Можно быстро создать прямоугольное и треугольное расположение датчиков с помощью диалогового окна **Автоматическое размещение датчиков**, которое возникает при щелчке правой кнопкой мыши в области графического окна. Если используется двумерный вид графического окна, то можно вручную установить датчики на развертке цилиндра. Далее можно отредактировать координаты датчиков в таблице справа, если структурные особенности объекта (задвижки, патрубки, сварные швы) требуют смещения датчиков. Для этого необходимо ввести X и Y координаты в пользовательских единицах расстояния. Если

вводятся координаты датчиков и не включаются крышки, необходимо выразить координаты X, Y в пределах от 0, до длины окружности цилиндра, или его длины/высоты. Например, при работе с вертикальным цилиндром, высотой 150 и диаметром 63,66 (длина окружности = 200), координата X изменяется от 0 до +200, а Y – от 0 до +150. Необходимо убедиться в том, что датчик виден на развертке в графической области диалогового окна установок локации.

Если используются сферическая или плоская крышки, то пределы по оси Y увеличиваются на радиус, т. е. становятся равными –31,83 и +181,83. Дополнительные прямоугольники позволяют расположить датчики на крышках. Для вертикального цилиндра датчик на полюсе нижней крышки будет иметь координату Y = – 31,83. X координата точки вращения вертикального цилиндра вводится как часть длины окружности цилиндра. В рассматриваемом случае, когда пределы равны 0 и +200, и датчики расположены под углом 120° (= 360°/3), то расстояние между ними равно 66,67 (= 200/3). Для датчика, расположенного непосредственно на полюсе полусферы, угол вращения не играет роли при вычислении координат источников, но значение, равное половине длины окружности, позволит расположить его на середине границы прямоугольника. В случае вертикального цилиндра, датчик на полюсе нижней крышки будет иметь координаты –31,83; +100, и для верхней крышки +181,83; +100.

Когда закончено размещение датчиков и готовы начать сбор данных, понадобится локационный график для наблюдения результатов локации. Можно использовать стандартный двумерный график, обсужденный в разделе двумерной плоскостной локации, либо использовать график цилиндрической локации. Цилиндрический график ограничен 4095 точками, при этом после достижения предела, старые точки заменяются новыми.

Таблица 3

Режим локации	Файл установок	Файл данных
Zonal (Зонная локация)	Zonal_linear.lay	Zonal_linear.dta
Linear (Линейная локация)	Zonal_linear.lay	Zonal_linear.dta
Tank Bottom (Дно резервуара)	TankBot.lay	TankBot.dta
2D Planar (Двумерная плоскостная)	2D-Planar.lay	2D-Planar.dta
Cylinder (Цилиндрическая)	OpenCylinderDemo.lay	LongVessel.dta
Conical (Коническая)	ConicalDemo.lay	ConicalDemo.dta
Spherical (Сферическая)	SphereDemo.lay	ConicalDemo.dta
3D Location (Трёхмерная локация)	3DlocDemo.lay	3DlocDemo.dta

Когда приходится начинать работать с новым режимом локации, можно вызвать пример установок данного режима и просмотреть соответствующие меню (**Локация...**, **Установки графика**). После того, как проанализированы установки примера, можно сделать изменения для лучшего отображения испытания, и сохранить установки под новым именем. Ниже приведена табл. 3, в которой собраны примеры установок и файлов данных для различных режимов локации.

Установка и использование кластеров

Целью кластеризации является автоматическая идентификация и объединение групп импульсов или событий, которые удовлетворяют устанавливаемым пользователем критериям разброса.

Кластеры рисуются на точечных графиках вокруг данных для визуальной идентификации активной(ых) области(ей). Данные о кластерах также могут быть представлены в виде таблиц, позволяющих количественно оценить их активность. Т. е. кластеризация предоставляет пользователю компьютерную обработку для идентификации активности АЭ.

Кластерный анализ (кластеризация) может быть активирована для двумерных точечных графиков, вне зависимости от того, являются точки импульсами или лоцированными событиями. Кластеризация на локационных графиках идентифицирует активные области, требующие рассмотрения роста дефекта, в то время как кластеризация на графиках импульсов обычно идентифицирует область сходных параметров АЭ импульсов, по которым можно классифицировать данные.

Кластеризация может быть включена и сконфигурирована с помощью закладки **Кластеризация** в верхней части меню **Установки графика**. Последовательность действий по установке кластеризации:

Шаг 1. Установить точечный график и убедиться, что он отвечает требованиям. Точечный график может быть зависимостью Y координаты от X координаты, либо может быть зависимостью одного параметра АЭ от другого (например, амплитуды от длительности, и пр.). Когда строится график зависимости параметра АЭ от параметра АЭ, то он обычно называется «корреляционным» графиком, следуя названию, согласно которому «коррелируют» параметры АЭ по степени «похожести» поведения.

Шаг 2. Сконфигурировать функцию кластеризации на закладке **Кластеризация** в меню **Установки графика** (рис. 43).

Параметр **Тип** указывает каким образом будут интерпретированы параметры. Установка типа в **Нет** выключает кластеризацию.

Тип **Фиксированное** позволяет задать фиксированный размер кластера по осям X и Y в единицах осей. В этом случае в кластере должны

присутствовать, как минимум, 2 точки и расстояние от центра кластера до любой новой точки не должно превышать половины этого значения. Тип **Ось %** позволяет указать размер кластера в процентах от диапазона осей. Например, значение X равное 10, означает, что кластер может быть до 10 % диапазона оси X. Тоесть если X=10 и ось X имеет диапазон от 10 до 50, то для образования кластера точки должны находиться на расстоянии 10 % от 40, т. е. 4. Для графиков, использующих автотмасштабирование и тип **Ось %** внутренний размер кластера не изменяется при масштабировании оси, поскольку он фиксирован к начальным значениям пределов.

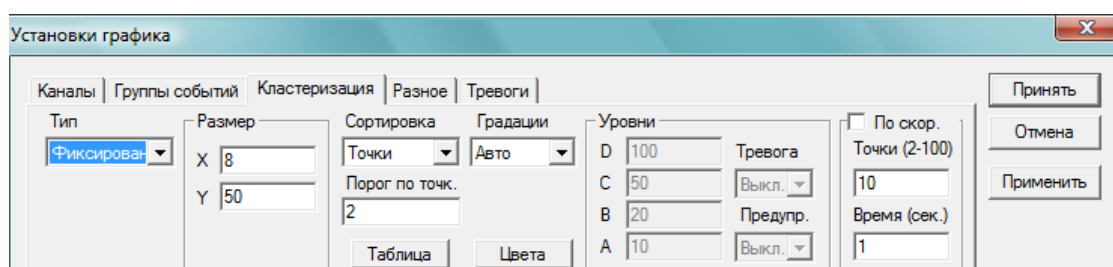


Рис. 43. Установки кластеризации окна Установки графика

Порог по точк. – минимальное количество точек, находящихся в кластере, при котором кластер регистрируется. Внутренне ПО формирует до 100 кластеров на график, но будут показаны только те из них, которые находятся выше этого порога. Если входные данные установлены импульсами, то число точек в кластере является числом импульсов. Если входные данные установлены событиями, то число точек в кластере является числом событий. Минимальное число точек в кластере может быть 2, но такой кластер вряд ли представляет большой интерес. Вы можете увеличить порог свыше 2 (до 100) для того, чтобы, снизить количество кластеров в таблице.

Сортировка – этот параметр определяет как кластер будет представлен в таблице. Допустимые возможности – это точки, Энергия, Счет, Счет до пика. Таблица кластеров отображает кластеры, отсортированные по одному из указанных параметров от максимума к минимуму. Для того, чтобы учитывался **Счет до пика**, необходимо при испытании записывать этот параметр в набор данных, иначе ПО просто рассматривает его как **Счет**. Когда таблица кластеров отображается в окне текущего графика, можно использовать комбинацию клавиш **Ctrl-F6** для управления сортировкой. Нажатие **Ctrl-F6** переключает возможные опции сортировки.

Таблица – кнопка вызывает диалоговое окно установок таблицы, показанное на рис. 44.

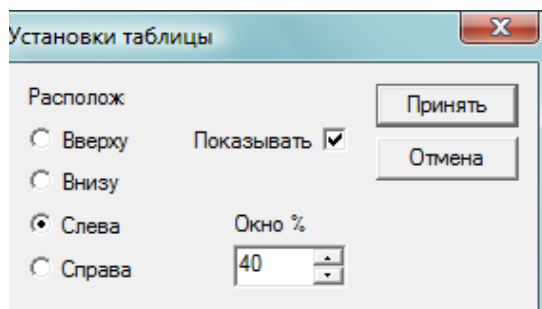


Рис. 44. Диалоговое окно установок Таблица

Флажок **Показывать** определяет будет или нет показана таблица кластеров в окне графика. Клавиша **F6** используется для включения/выключения отображения. Установки **Расположение** указывают в каком месте графика будет располагаться таблица. Клавиша **Shift-F6** переключает положение таблицы относительно графика. Окно ввода **Окно %** устанавливает какую часть площади графика будет занимать таблица кластеров. Если размер текста в таблице сильно возрастает, то появляются полосы прокрутки, с помощью которых можно просмотреть весь текст.

Кнопка **Цвета** открывает диалоговое окно **Глобальные цвета кластеров**, которое позволяет сконфигурировать каким цветом будет отображаться кластер в таблице и рисоваться прямоугольник кластера в окне графика. Эти цвета используются для всех графиков, использующих кластеризацию. Двойной щелчок на прямоугольнике с цветом вызывает стандартную таблицу выбора цвета Windows, с помощью которой можно выбрать новый цвет.

Градации – переключатель выбора окраски кластеров. После того, как кластеры отсортированы, каждый из них ранжируется по отсортированной величине. Выбор **Нет** классифицирует все кластеры как не значимые, и они обозначаются цветом N. Выбор **Авто** располагает кластеры по их процентному отношению к максимальному значению, найденному по всем кластерам. В этом случае максимальное значение просто делится на 5 равных интервалов в соответствии со следующими уровнями: <20 %, <40 %, <60 %, <80 %, <=100 %. Например, если кластеры сортируются по числу точек, и наибольший кластер содержит 250 точек, то уровни градаций будут 50, 100, 150 и 200.

Если для **Градации** выбрано **Вручную**, то станет доступна установка уровней, в которой можно установить собственные уровни. Это бывает удобно, когда надо сравнить два результата кластеризации для двух разных графиков и необходимо установить для них одинаковые градации.

Блок **Уровни** используется, когда переключатель **Градации** установлен в позиции **Вручную**. Он недоступен, когда выбраны опции **Авто**

и **Нет**. Кластеры окрашиваются в 5 цветов, соответствующим 5 различным градациям. Например, если сортируются кластеры по точкам, установлены **Градации** в **Вручную** и уровни 10, 20, 50 и 100, кластеры с количеством точек менее 10 будут квалифицированы как N, и, по умолчанию, окрашены в зеленый цвет, кластеры с числом точек менее 20 будут квалифицированы как A, менее 50 – как B, менее 100 – как C, и 100 и более – как D.

Тревога используется для возбуждении тревоги при высокой локальной активности импульсов/событий. Флажок **По скор.** разрешает/запрещает возникновение тревоги. Блок содержит 2 параметра – **Точки**) и **Время**. Установка **Точки** определяет какое количество точек должно быть зарегистрировано в течение периода **Время** для возникновения тревоги. Число точек может быть в диапазоне от 2 до 100, а интервал времени указывается в секундах и может быть любым числом с плавающей точкой. Для нормального функционирования должны устанавливаться положительные числа >0 . Большие величины, наподобие максимального числа с плавающей точкой $3.4E+38$, могут вызвать проблемы в результате чего тревога никогда не возникнет. Если система принимает достаточное число точек в один кластер в пределах указанного времени, возникает тревога. Для показанных выше установок это будут 10 точек в течение 1 секунды.

Тревога по активности реализована не для генерации внешних тревог. Если установлено 10 событий в 1 сек., кластер должен собрать, как минимум, 10 точек, прежде чем скорость будет проверена. Как только приходит 10-я точка, ПО прибавляет 1 сек ко времени первого события и проверяет, пришла ли 10-я точка до этого времени или после него. Если «до», то система считает, что активность выше установленной и возбуждает тревогу. Когда приходит 11-я точка, система сравнивает ее время со временем 2-й точки + 1 сек., и, если полученная активность выше установленной, и кластер уже возбудил тревогу, то тревога будет продолжаться. Если кластер возбудил тревогу, и новые точки пришли после временного порога, то тревога отменяется. Если в дальнейшем кластер опять примет данные, активность которых больше порога, тревога будет возбуждена вновь. Если система захлебывается в событиях, то будет возбуждена только одна тревога, которая будет длиться до тех пор, пока активность не опустится ниже установленного порога. Когда кластер генерирует тревогу, она отображается в строке статуса строчной распечатки вместе с идентификатором кластера и текущей информацией.

На рис. 45 показан график кластеризации. На графике 8 кластеров. Все кластеры обозначены символами и раскрашены в разные цвета. Наиболее активный кластер имеет символ **z**, а наименее активный – **a**. ПО

может идентифицировать до 26 кластеров. Кроме наглядной графической картины распределения кластеров, можно просмотреть табличные результаты кластеризации. Это можно сделать путем нажатия клавиши **F6**.

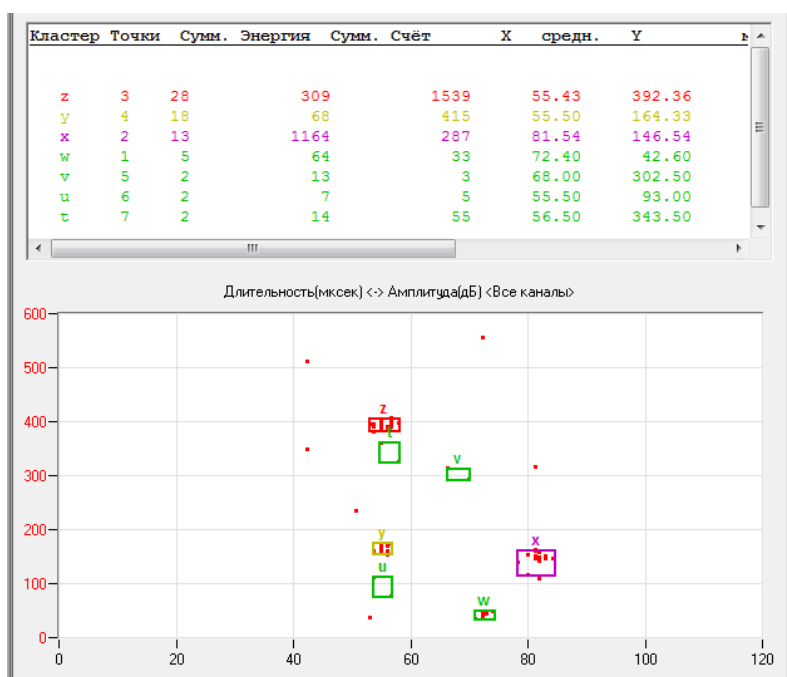


Рис. 45. График и таблица кластеров

Таблица кластеров имеет следующие колонки: слева показаны метки кластеров, начиная с **z**. Следующая колонка содержит идентификатор кластера, далее идет число точек в кластере (импульсов или событий), далее, суммарная энергия кластера и общий счет. Значения **X средн.** **Y** определяют центр кластера, **мин. Диап. X макс.** и **мин. Диап. Y макс.** – минимальные и максимальные границы кластера по осям. Таблица окрашена в соответствии с цветами цветовых установок графика кластеров.

Уточнение уровня шумов

После расстановки датчиков, калибровки и проверки работоспособности системы проводится уточнение уровня шумов для того, чтобы назначить уровень порога на время проведения испытания. Во время испытаний фиксируются в хронологической последовательности все произошедшие явления, связанные с внесением дополнительных шумов, которые могут повлиять на результат контроля. Время должно быть указано в журнале оператора с точностью прибора индикации.

Оценка погрешности определения координат источников АЭ

Погрешность определения местоположения источника составляет обычно 3...5 % от максимального расстояния между преобразователя-

ми, но не менее чем значение порядка толщины стенки ОК. Последнее связано с тем, что местоположение источника по толщине ОК обычно не определяют (исключение – объемная схема). Локации подлежит только место эпицентра («следа») источника на поверхности.

До нагружения объекта необходимо оценить погрешность определения координат с помощью имитатора. Он устанавливается в выбранной точке объекта и показания системы определения координат сравниваются с реальными координатами имитатора. При этом амплитуда имитационного сигнала варьируется в пределах ожидаемого диапазона, определяемого в результате предварительного изучения ОК. Операцию повторяют для различных зон конструкции ОК. Если погрешность определения координат не удовлетворяет заданному значению, следует произвести корректировку параметров контроля, изменение конфигурации расположения преобразователей, расстояние между преобразователями и т. п.

Точность локации источников АЭ зависит от многих причин. Различная скорость звука в прямом и обратном направлении, обусловленная явлением затенения преобразователя конструктивными преградами распространения волн, например, штуцера большого диаметра, наличие опор аппарата и т. д., разная средняя скорость в двух взаимно перпендикулярных направлениях и отклонение от равенства углов в треугольниках при выбранном способе лоцирования. Погрешность, вызванная различием в скоростях распространения сигнала, может быть в случае необходимости, частично скомпенсирована дополнительными пересчётами (возможно вручную). Для этого при калибровке аппаратуры на схеме расстановки преобразователей фиксируется время прохождения сигнала между соседними датчиками в прямом и обратном направлении. В том случае, когда локация производится по заданным расстояниям между датчиками в группе, уменьшить погрешность можно вариацией скорости распространения АЭ сигнала.

Выполнение работы:

1. Проверить работоспособность и чувствительность всех используемых каналов АЭ системы. Привести данные теста АКД.
2. Открыть файл **установок аппаратуры АЭ**, созданный в предыдущей лабораторной работе.
3. Обдумать и выбрать параметры, которые необходимо наблюдать во время испытания объекта контроля. Выбрать необходимые установки графиков.
4. Сохранить файл установок.
5. Вызвать диалоговое окно установок локации (клавиша F8) и выбрать единицы расстояния – метры.

6. Ввести информацию для группы. Разрешите группу и выберите режим локации в соответствии с ранее выбранной схемой локации.
7. Ввести параметры вкладки **Общие** и **Синхронизация допуска окна Установки локации**.
8. Установить координаты датчиков на объекте с помощью диалогового окна расположения датчиков (кнопка **Вид локации** окна **Установки локации**).
9. При размещении датчиков начните с выбора типа объекта, а затем щелкните на кнопке **Размеры** и введите соответствующую информацию.
10. Создать набор датчиков, щелкнув правой кнопкой мыши на графическом окне, или используя клавиши **INS** и **F2** для таблицы датчиков.
11. Создать подходящий график локации, используя меню **Графика – Новый график**, и сконфигурируйте его с помощью диалогового окна **Установки графика (F3)**.
12. Провести пробное испытание с помощью слома грифеля карандаша для проверки или, используя другой имитатор, что все установлено правильно. Если все работает, то можно приступить к сбору данных.
13. Если получился пустой график, то необходимо проверить следующее:
 - a. Установлены ли **Входные данные на События**?
 - b. Установлен ли флажок локационной группы на закладке **Группы событий** диалогового окна установок графика?
 - c. Установлен ли флажок локационной группы в столбце **Номер группы** установок локации?
 - d. Имеются ли какие-нибудь события от групп на строчной распечатке?
 - e. Если имеются события, то достаточны ли пределы осей графика для отображения координат событий?
 - f. Если нет событий, имеют ли физический смысл установки локации? Может быть установлена скорость 3000 м/сек, в то время как она должна равняться 3000000 мм/сек, поскольку единицы расстояния – миллиметры? Проверьте установки **Величина определения события** и **Величина окончания события** – их величины должны соответствовать расстоянию между датчиками и размерам объекта, поскольку они выражаются в одних и тех же единицах.
14. На вкладке **Кластеризация** меню **Установки графика** задать кластеризацию с фиксированными уровнями $X=8$ и $Y=50$, автоматическую градацию и сортировку по числу точек.
15. Оценить погрешность определения координат с помощью имитатора АЭ сигналов.
Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Привести функции теста АКД.
2. Объяснить необходимость проверки работоспособности и чувствительности каналов АЭ системы до и после проведения АЭ контроля.
3. Что такое имитатор Су–Нильсена?
4. С какой целью используются сторожевые датчики?
5. Объяснить цель занесения параметров затухания окна Затухание.
6. Объяснить, почему идеальным расположением ПАЭ является сетка равносторонних треугольников.
7. Объяснить цель определения погрешности определения координат источников АЭ.
8. Привести допустимую величину погрешности определения координат источников АЭ.
9. Привести причины появления погрешности определения координат источников АЭ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Процедура сбора и анализа данных акустико-эмиссионного контроля

Цель: приобретение практических навыков сбора и анализа данных АЭ контроля.

Краткая характеристика объекта исследования:

Запись параметров сигналов АЭ в процессе нагружения по заданной программе

При использовании многоканальных систем каждый акт АЭ представляется в виде набора сигналов, соответствующего числу каналов, зарегистрировавших АЭ. При этом сигнал АЭ характеризуется параметрами, обязательными из которых являются время прихода сигнала и номер канала, принявшего сигнал. Кроме того, сигнал может описываться рядом других параметров (частота, скорость нарастания переднего фронта, число пересечений сигналом порогового уровня, длительность и т. д.) и своей оцифрованной формой. Важно, что значения одних и тех же параметров для одного сигнала в разных каналах регистрирующей системы отличаются, так как ПАЭ имеют различные характеристики и располагаются в разных местах конструкции, а сам сигнал, проходя по ОК, видоизменяется, постепенно затухая с расстоянием от источника и «расплываясь» по форме из-за разных фазовых скоростей. Поэтому принято, набор сигналов в каналах АЭ системы, относящихся к одному акту АЭ, называть **событием АЭ** или **локационной серией**.

Главным недостатком метода АЭ контроля является то, что сигналы АЭ являются шумоподобными, имеют стохастическую природу. Поэтому при АЭ исследовании объекта записывается большой объем АЭ информации, требующей большого внимания при постобработке с целью выделения истинной АЭ из шумов, не относящихся к изменению структуры материала объекта контроля.

В процессе нагружения объекта в журнале оператора фиксируются все произошедшие во время испытания явления, которые могли повлиять на результат контроля с указанием времени. Эти данные должны быть учтены при анализе полученных данных по результатам контроля.

Монотонное (совместно с нагрузкой) повышение суммарной АЭ не говорит об активности сигнала. Если суммарная АЭ изменяется скачкообразно, то можно говорить об активности источника АЭ.

Критерии оценки технического состояния объекта в режиме реального времени рассмотрены в ПБ 03-593-03.

Вся полученная во время испытаний информация должна быть записана на электронный носитель и вместе с журналом оператора храниться в архиве.

Анализ полученной информации, расчёт координат источников

В АЭ системах обработка и анализ акустических сигналов осуществляется математическим обеспечением программы сбора в следующем порядке:

Согласно ПБ 03–593–03 в процессе контроля производят оперативное накопление и обработку данных. Система контроля должна обеспечить регистрацию и сигнализацию источника АЭ, соответствующего IV классу (катастрофически активному источнику) в реальном масштабе времени. После выполнения контроля объекта производится последующая обработка и анализ данных в полном объеме. Если источники в процессе контроля не выявляются, то оценивается общий уровень распределенной АЭ активности для учета в будущих испытаниях.

Сбор данных с помощью DiSP и ПО AEwin

Для запуска процесса регистрации информации необходимо открыть меню **Сбор данных/Воспроизведение** главного меню, затем из выпадающего меню выбрать пункт **Сбор данных**. Того же эффекта можно достичь нажатием клавиши **F9** или щелчком по пиктограмме **Сбор данных**, находящейся на панели инструментов **Сбор данных/Воспроизведение** (рис. 46).



Рис. 46. Панель пиктограмм Сбора/Обработки данных

Пиктограмма изображает светофор с включенным зеленым светом, что означает готовность системы к началу регистрации.

После выбора пункта **Сбор данных** на экране возникает файловое диалоговое окно **Сохранение данных**, в которое необходимо ввести имя файла данных и указать необходимо ли записывать данные на диск. Необходимо убедиться, что **Сохранять в файле (Автозапись)** был отмечен, чтобы данные, полученные в результате этого упражнения были

записаны в файл. Проверив имя файла, указанное в поле **Имя файла**, можно начать испытание, нажав кнопку **Старт** в диалоговом окне, или клавишу ENTER на клавиатуре. Система начнёт процесс сбора и записи, а также одновременного отображения данных на экране компьютера в соответствии со сделанными настройками и установками. Данные отображаются в реальном времени, их обновление происходит через интервал времени, заданный в меню **Установки Сбора Данных Режим Отображения** с помощью параметра **Интервал обновления дисплея** в сек. Обычно этот параметр устанавливают равным 1–2 сек.

Во время сбора данных оператор может предпринимать некоторые действия, позволяющие просматривать различные графики, а также изменять режимы отображения информации.

Можно пролистывать экранные страницы, щелкая правой кнопкой мыши по закладкам, расположенным в нижнем левом углу окна отображения. В процессе измерений можно выбрать и просмотреть любую из заданных страниц. Размер любого графика (графического окна) на экране можно изменять независимо от других. Кроме того, любой график можно свернуть/развернуть на весь экран, увеличить выделенный интересующий участок на графике, с помощью курсора определить координаты текущей точки графика, распечатать или запомнить график. Эти и некоторые другие полезные функции позволяют с эффективностью производить экспресс-анализ данных уже в процессе измерений.

Для работы с опциями увеличения имеется группа пиктограмм (рис. 47), которая расположена в центральной части панели пиктограмм. Чтобы увидеть, работу соответствующих опций, сначала необходимо выбрать графическое окно и активировать его щелчком мыши.



Рис. 47. Пиктограммы Восстановления, Увеличения, Прокрутки и Управления координатами курсора

Имеется 2 пиктограммы для определения текущих координат курсора. Вид пиктограмм приведен на рис. 46. Функции, за которые они отвечают, доступны в режимах сбора и воспроизведения данных. **Курсор данных** позволяет определять физические координаты текущей точки данных на графике. При этом курсор данных высвечивается только в

местах отображения данных. Курсор, возникающий при нажатии иконки **Свободный курсор**, существует во всем пространстве окна отображения, позволяя определять координаты любой точки графика.

Координаты курсора отображаются в поле строки состояния в нижнем правом углу экрана в виде $X, Y =$. Значения представляются в реальных единицах, например, число импульсов, амплитуда и т. д. Если на графике представлено несколько зависимостей, то отсчеты будут скорректированы в зависимости от того, сколько диаграмм отображено на графике. Если график представляет собой точечный график с накоплением, или цветной точечный график, то отсчет будет представлять собой диапазон значений, представленный указанной точкой.

Команды Пауза, Возобновить, Завершить находятся на панели инструментов **Сбор данных/Воспроизведение** (рис. 46).

При нажатии **Пауза** испытание приостанавливается. При этом в статусной строке появляется текстовая информация **Испытание приостановлено** и время останова. Во время паузы процесс сбора данных прекращается, а информация из буферов перекачивается на диск компьютера, при этом файл данных остается открытым для дальнейшей записи. (Опцию Пауза можно использовать, например, чтобы не регистрировать данные при возросшем фоновом шуме). Для продолжения регистрации необходимо нажать пиктограмму **Возобновить**. При этом в статусной строке появится информация **Испытание возобновлено**, а также время возобновления.

Чтобы прекратить сбор данных, нажмите иконку **Пауза** (рис. 46), затем нажмите иконку **Завершить**, которая, при предварительно нажатой кнопке **Пауза**, функционирует как обычный останов.

Во время паузы данные переписываются из буферов на диск, а в момент нажатия **Завершить**, файл данных закрывается и сбор данных прекращается. При этом в статусной строке появится информация **Свободен**, означающая готовность системы к дальнейшей работе: регистрации или постобработке.

Чтобы воспроизвести ранее записанный файл данных, необходимо выбрать пункт меню **Установки сбора данных**. Выбрать пункт **Режим Отображения**, убедиться, что выбран режим **Обычный**. Также необходимо убедиться в том, что параметр Интервал обновления дисплея задан равным 1–2 сек, а параметр **Число импульсов для обновления** – 100. Запуск воспроизведения может осуществляться тремя способами: нажатием пиктограммы пуска (рис. 46), клавишей **F10**, или выбором пункта **Воспроизведение** меню **Сбор Данных/Воспроизведение**. В окне **Воспроизведение** выбрать файл для воспроизведения нажать кнопку **Старт**.

Анализ полученной информации, расчёт координат источников

В АЭ системах обработка и анализ акустических сигналов осуществляется в следующем порядке:

- одновременно с оцифровкой поступающего сигнала АЭ локализуется пространственное положение источника АЭ и отбрасываются ложные сигналы;
- импульсы, местоположение которых может быть точно локализовано, поступают в ходе обработки в блок спектрально анализа и блоки определения параметров АЭ (энергетические характеристики и число событий АЭ).

Программа **Отчёт** меню **Служебные программы** открывает многоканальный файл данных DTA, считывает заголовок и создает отчет содержащий: системную информацию, информацию об испытании, установки аппаратуры, информацию о тревогах и фильтрах. Этот файл может быть отображен на экране, сохранен виде текстового файла (ASCII), и импортирован в текстовый редактор.

Ниже приведена информация, содержащаяся в файле DTA:

- имя файла данных;
- имя программного продукта (который создал файл данных) и его версия;
- название испытания;
- продолжительность испытания;
- дата и время испытания;
- полная таблица логистики;
- статус форм волн (разрешены/запрещены);
- число каналов;
- список каналов (номер канала, усиление, ИКП, ИКД, ИКК, порог и его тип);
- параметры автоматического порога (канал, нижнее и верхнее значения активности, интервал, шаг, нижний предел и предел по длительности);
- препроцессорные фильтры (идентификатор фильтра, канал, параметр, тип, нижний уровень, верхний уровень);
- препроцессорные тревоги (идентификатор тревоги, канал, параметр, тип, предупреждение, срабатывание);
- препроцессорные фильтры волновых форм (идентификатор фильтра, канал, параметр, тип, нижний уровень, верхний уровень).

Программа **Отчёт** применяется для документирования отчета о испытании.

Не обязательно вся перечисленная информация будет показана, поскольку не все файлы ее имеют.

Другими словами, программа способна дать всю информацию, но от пользователя зависит что именно он записал в файл при испытании.

При запуске программа запрашивает у пользователя имя входного файла.

Пример окна отчета показан на рис. 47.

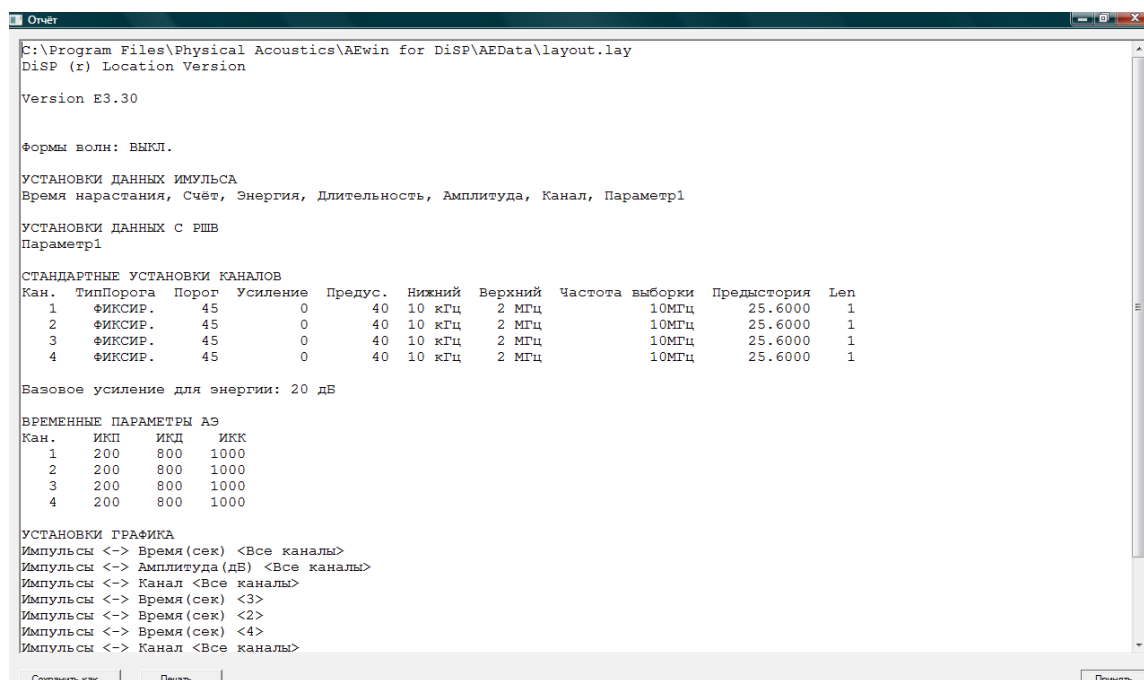


Рис. 47. Окно отчёта

Можно копировать эту информацию в буфер обмена для вставки в другие документы, непосредственно сохранять ее в виде текстового файла, либо просто просмотреть информацию на экране.

Постобработка АЭ данных

Каждый параметр сигнала АЭ является акустическим отображением контролируемого процесса. Так, амплитуда сигнала пропорциональна изменению площади трещины, количество импульсов – суммарной площади трещины, амплитудное распределение импульсов АЭ характеризует тип разрушения, положение максимума и ширина частотного спектра определяет стадии деформации, интенсивность потока импульсов и функция её изменения во времени связаны с прочностью конструкции и т. д. Корреляция между процессами деформирования и характеристиками сигнала истинной АЭ положена в основу методов постобработки полученных во время испытаний объекта, выделения из шумов полезных сигналов.

Лучше, если можно идентифицировать и отделять шумы, либо подавляя их источники (механическим демпфированием), либо фильтруя

по частоте (используя соответствующие частотные фильтры). Либо используя отсечку по амплитуде (увеличив пороговый уровень или используя плавающий пороговый уровень), либо используя пространственную отсечку (используя защитный датчик). Однако когда данные уже получены и записаны для их сортировки и фильтрации, можно использовать только корреляции.

Например, при постобработке АЭ информации по длительности нарастания и общей длительности сигнала можно отфильтровать мешающие шумы. В зависимости от расстояния между ПАЭ и источником АЭ меняются длительность нарастания и общая длительность сигнала. При определённом значении отношения T/RT АЭ принимают за истинную (рис. 48). Таким образом, данный параметр используется при фильтрации АЭ, не относящейся к перестройке структуры материала исследуемого объекта.

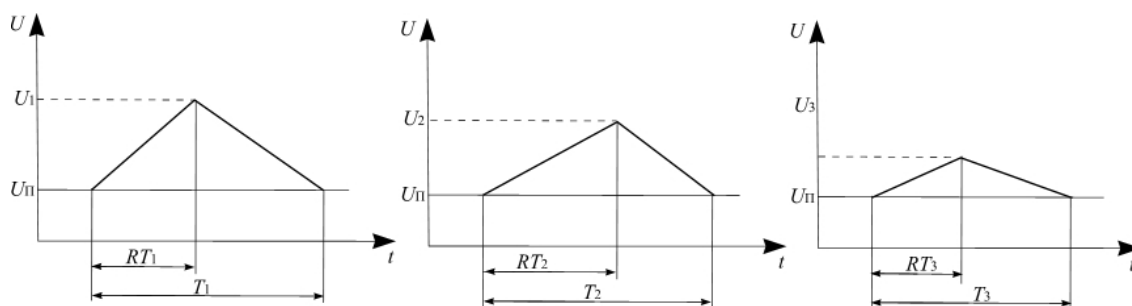


Рис. 48. Длительность нарастания и длительность сигнала в зависимости от расстояния между преобразователем и источником АЭ: $u_1 > u_2 > u_3$

По графику счёт – амплитуда можно определить в данных наличие фоновых шумов по их собственным, характерным местам на корреляционном графике, подходящим методом фильтрации можно при обнаружении устранить плохие данные, не являющиеся истинной АЭ.

На графике длительность-время хорошо заметны сигналы от утечек, трения.

Электромагнитный шум является сигналом, который не зависит от датчика, он характеризуется очень короткой длительностью в отличие от сигналов, которые приходят с резонансного датчика, высокой амплитудой и низким счётом. Сигналы от трения и проскальзывания происходят от долго действующих источников, перекрывают друг друга и обычно всегда близки по амплитуде и характеризуются высоким счётом. Радиочастотные помехи также имеют высокий счёт и низкую амплитуду. Неисправность усилителя выражается в появлении в данных узкой полосы событий высокого счёта при любой амплитуде. Истинная

же АЭ имеет средние значения амплитуды и счёта, попадая между верхней и нижней границей, которые для различных материалов определяются индивидуально.

Ниже на рис. 49 приведен график, по которому обычно в процессе съема данных ориентируется оператор. На нем схематично обозначены зоны шумов различного происхождения. Однако, на каждом ОК следует в процессе калибровки уточнить положение зоны истинной эмиссии по калибровочным сигналам.

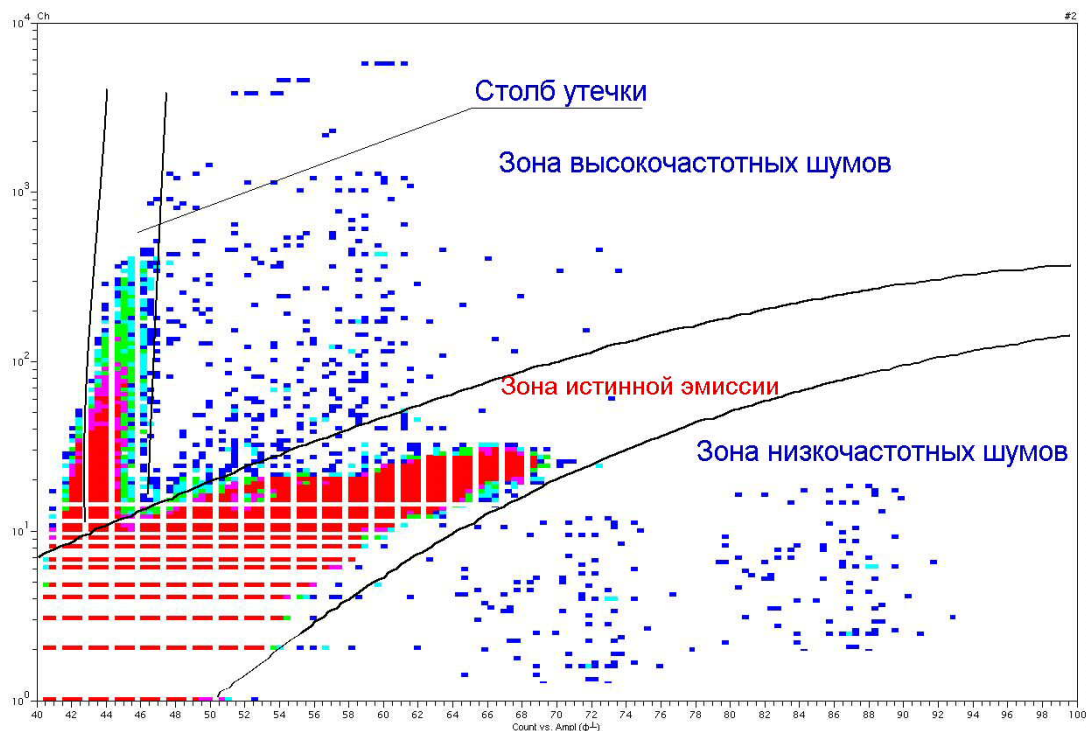


Рис. 49. Типичный график \dot{N} -A при контроле колонны

При имитации источников АЭ сломом грифеля, осуществляя настройку аппаратуры, необходимо этот график наблюдать, чтобы определиться с верхней и нижней границей зоны истинной АЭ.

В ПО АЕwin функция постобработки данных реализована программой **Фильтрация файла данных**.

Необходимо указать имя входного файла данных. Предполагается, что данные в файле упорядочены во времени. Если файл ДТА образован программой АЕwin, то он не нуждается в упорядочении.

Диалоговое окно установок фильтрации показано на рис. 50.

Меню определения фильтра состоит из 5 групп, которые связаны логическими условиями **И/ИЛИ**. Каждая группа управляет парой условий, также связанных логическими условиями и набором каналов, к которым эти условия применяются. Может включить или выключить группу.

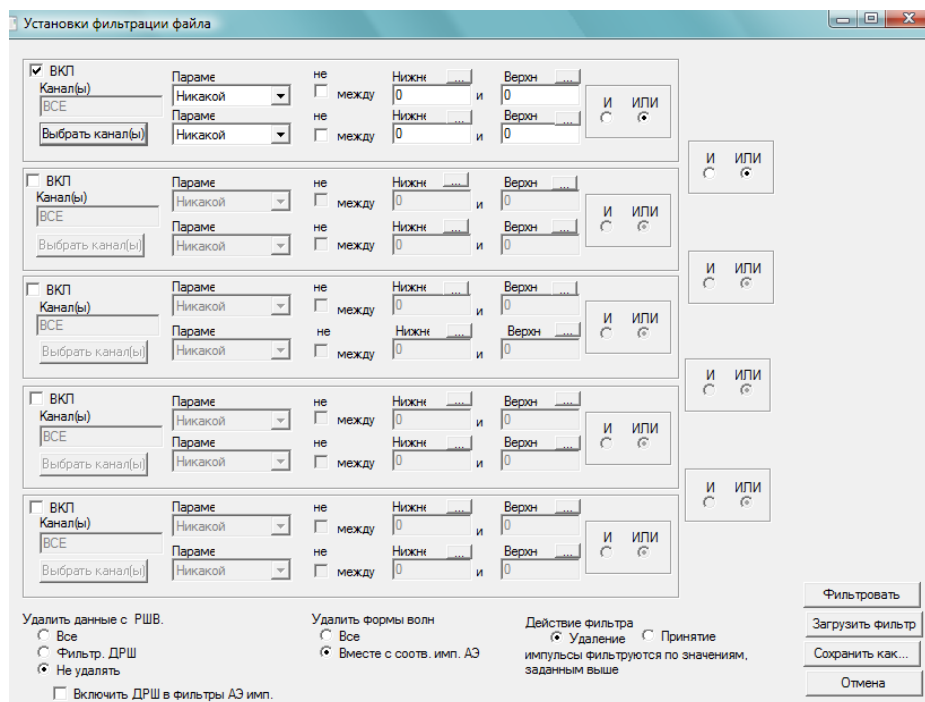


Рис. 50. Окно задания параметров фильтрации

Чтобы установить условие, необходимо выбрать параметр АЭ из раскрывающегося списка, затем указать диапазон путем введения его нижней и верхней границы. Если необходимо оставить данные вне указанного диапазона, то необходимо пометить флажок **Не**.

Если выбран параметр **Время**, то границы задаются в секундах. Программа имеет временной конвертер, показанный на рис. 51, который вызывается маленькой кнопкой в правом верхнем углу поля редактирования величины.

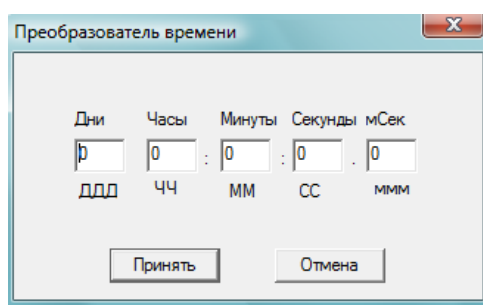


Рис. 51. Окно конвертера времени

Для задания каналов, подлежащих фильтрации, необходимо нажать кнопку **Выбрать канал(ы)**.

В нижней части окна задания параметров фильтрации имеются другие опции, которые применимы к формам волн и «временным» параметрам. Также в этом блоке можно выбрать действие фильтра. При

выборе **Удаление**, все значения, которые удовлетворяют установленным условиям, отбрасываются; при выборе **Принятие** – записываются в выходной файл.

Опция **Удалить данные с РШВ**:

- **Все** – удаляет все сообщения без какой-либо проверки.
- **Фильтр ДРШ** – проверяет значение данные с РШВ и фильтрует, если выбранный параметр является временем или любым из параметров.
- **Не удалять** – сохраняет все сообщения с РШВ без какой-либо проверки.

Если помечен флажок **Включить РШВ в фильтры импульсов АЭ**, то это означает что пользователь хочет, глядя на значения временных параметров, фильтровать импульсы АЭ. Для того, чтобы это было возможно, необходимо выбрать опцию **Фильтр ДРШ**.

Опция **Удалить формы волн**:

- **Все** – удаляет все волновые формы.
- **Вместе с соответствующими импульсами АЭ** – сохраняет форму волны, если соответствующий импульс АЭ сохраняется, и удаляет, если он удаляется.

Окно фильтрации имеет справа внизу четыре кнопки:

- **Фильтровать** – запрос имени выходного файла. Как только указан файл, программа запускает фильтрацию входного файла. В процессе обработки файла индикатор выполнения показывает какая часть файла обработана; имя файла отображается ниже индикатора. Это удобно при обработке больших файлов. По завершении процесса фильтрации возникает сообщение об этом.
- **Загрузить фильтр** – этот выбор позволяет загрузить сохраненный файл определения фильтра (*.flt) для непосредственного использования, или в качестве базы для модификации, с целью создания нового фильтра.
- **Сохранить как...** – сохранение файла определения фильтра (*.flt) для будущего использования или архива.
- **Отмена** – выход из программы без сохранения каких-либо сделанных изменений со времени последнего сохранения.

Замечание: для отображения истории применения фильтров к файлу данных можно использовать программу **Отчет**.

В процессе испытания необходимо проводить экспресс-анализ опасности регистрируемых источников АЭ путём наблюдения за величиной параметров АЭ импульсов на графиках и сопоставление их с критериями кода ASME [9]. Это могут быть графики зависимости амплитуда – каналы, скорость счёта – амплитуда, активность АЭ – время.

Выполнение работы:

1. Загрузить файл установок, созданный в предыдущих работах.
2. Войти в меню **Сбор Данных**.
3. Задать название файла для записи данных.
4. Запустить сбор данных.
5. С помощью имитатора АЭ сигналов имитировать сигналы АЭ.
8. Просматривать в ходе сбора данных экранные страницы, графики и табличные распечатки данных, оценивать активность и опасность зарегистрированных сигналов.
9. Выйти из режима сбора данных.
6. После проведения испытания проверить работоспособность и чувствительность всех используемых каналов АЭ системы, используя тест АКД и сравнить результат с тестом АКД, проведённым до сбора данных.
7. В меню **Служебные программы** выбрать команду **Отчёт**, вывести на экран отчётную информацию, просмотреть и сохранить в виде текстового файла.
8. Используя команду **Фильтрация фала данных** меню **Служебные программы** отфильтровать данные по амплитуде, длительности, скорости счёта. Сохранить файл данных после фильтрации.
9. С графика локации источники АЭ перенести на эскиз объекта контроля и определяются места нарушения.
10. Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Вопросы для контроля:

1. Что такое акт АЭ?
2. Что такое событие АЭ?
3. В каком случае испытание объекта прекращается досрочно?
4. Объяснить рекомендуемую величину интервала обновления дисплея в 1–2 сек.
5. Какую информацию отображает статусная строка приложения АЕwin?
6. Объяснить для чего используется программа Отчёт.
7. Объяснить смысл фильтрации данных при постобработке АЭ данных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Оценка уровня опасности выявленных источников АЭ с использованием различных критериев

Цель: научиться применять критерии оценки опасности для данных АЭ контроля.

Краткая характеристика объекта исследования:

После испытаний обработка данных производится по технологии, заложенной в используемой АЭ системе с помощью набора специальных программ. Определяется локализация источников, оценка уровня опасности. С развёртки места локации источники АЭ переносятся на эскиз объекта контроля и определяются места нарушения.

Результаты АЭ контроля представляют в виде перечня зарегистрированных источников АЭ, отнесённых к тому или иному классу в зависимости от значения параметров АЭ. Такую оценку производят для каждого источника АЭ сигналов. Оценка состояния контролируемого объекта производят по наличию в контролируемом объекте источников АЭ того или иного класса.

При принятии решения по результатам контроля используют данные, которые должны содержать сведения обо всех источниках АЭ, их классификации и сведения относительно источников АЭ, параметры которых превышают допустимый уровень.

После обработки принятых сигналов результаты контроля представляют в форме идентифицированных и классифицированных источников АЭ.

Можно выделить два основных направления систематизации критериев оценки состояния объектов по параметрам АЭ. Первое связано со «статической», «однократной» оценкой, когда оценивается величина единичного скачка трещины. Второе – с «динамической» оценкой, которая предполагает определение скорости развития процесса разрушения [8].

Примером первого направления является амплитудный критерий, хотя рекомендуется использовать не амплитуду единичного импульса, а амплитудное распределение. Примером второго направления является локально–динамический критерий.

Выявленные и идентифицированные источники АЭ делятся на четыре класса согласно ПБ 03–593:

Источник I класса – пассивный источник;

Источник II класса – активный источник;
Источник III – критически активный источник;
Источник VI – катастрофически активный источник.

Рекомендуемые действия персонала, выполняющего АЭ контроль при выявлении источников АЭ того или иного класса, следующие:

Источник I класса – регистрируют для анализа динамики его последующего развития.

Источник II класса – 1) регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля;

2) отмечают в отчете и записывают рекомендации по проведению дополнительного контроля с использованием других методов.

Источник III класса – 1) регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля;

2) предпринимают меры по подготовке возможного сброса нагрузки.

Источник IV класса – 1) производят немедленное уменьшение нагрузки до 0 либо до величины, при которой класс источника АЭ снизится до уровня II или III класса;

2) после сброса нагрузки проводят осмотр объекта и при необходимости контроль другими методами.

Выполнение работы:

1. Изучить критерии классификации источников АЭ, приведённые в ПБ 03-593-03.
2. Применить к полученным данным следующие критерии классификации: амплитудный, интегральный, локально-динамический, интегрально-динамический.
3. Сравнить полученные результаты.
4. Заполнить заключение АЭ контроля объекта (прил. 6).
5. Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Привести действия, которые необходимо предпринять, если в ходе испытания зарегистрированы источники АЭ первого, второго, третьего, четвёртого классов опасности.
2. Привести критерии классификации источников непрерывной АЭ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Документальное оформление результатов АЭ контроля, технологической карты контроля

Цель: приобретение практических навыков оформления отчётной документации по результатам АЭ контроля, заполнения технологической карты АЭ контроля.

Краткая характеристика объекта исследования:

Составление отчётной документации

Результаты АЭ контроля должны быть оформлены в отчётные документы – отчёт, протокол и заключение. Протокол и заключение являются частью отчёта. К протоколу добавляются необходимые приложения. Содержание отчёта регламентировано. Отчет оформляется по требованию «Заказчика» или контролирующих органов. Заключение и Протокол (с приложениями) оформляются во всех случаях проведения АЭ контроля, их содержание регламентировано и является обязательным.

Рекомендуется включать в отчет по выполненному АЭ контролю следующие материалы, помещенные в соответствующих разделах.

1. Содержание.
2. Введение.
3. Объект контроля.
4. Условия контроля.
5. Подготовка к проведению АЭ контроля.
6. Система классификации источников АЭ и критерии отбраковки.
7. Аппаратура АЭ.
8. Настройка аппаратуры АЭ.
9. Технология контроля.
10. Проведение АЭ контроля.
11. Обработка и представление результатов АЭ контроля.
12. Персонал, занятый АЭ контролем.
13. Заключение по результатам АЭ контроля.
14. Термины, использованные при выполнении контроля и подготовке отчета.
15. Приведенные ссылки (техническая литература и НТД).
16. Приложения.

Технологическая карта АЭ контроля разрабатывается как инструкция для специалистов первого уровня специалистами второго и третьего уровней.

Выполнение работы:

1. Оформить отчёт по АЭ испытанию объекта.
2. Заполнить технологическую карту АЭ контроля рассматриваемого объекта (прил. 7).
3. Оформить отчёт, ответить на контрольные вопросы.

Вопросы для контроля:

1. Специалист какого уровня имеет право давать заключение АЭ контроля?
2. Кем составляется отчёт АЭ контроля?
3. Привести срок хранения материалов АЭ контроля.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Структура отчета по ЛР и правила его оформления

1. Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении студентом лабораторной работы (ЛР), и должен включать:
 - титульный лист;
 - цели выполненной ЛР;
 - используемые материалы, технические и программные средства;
 - термины и определения (при необходимости);
 - описание задания (постановка задач, подлежащих выполнению в процессе ЛР, осуществляемая студентом.);
 - описание основной части (краткая характеристика объекта исследования; методика или программа ЛР; результаты измерений, наблюдений и расчетов, представленные в форме таблиц, графиков, диаграмм и т. д.);
 - обсуждение результатов выполнения ЛР в виде кратких, но принципиально необходимых доказательств, обоснований, разъяснений, анализов, оценок, обобщений и выводов;
 - приложения (при необходимости).
2. Оформление текста отчета о ЛР выполняется в соответствии с общими требованиями СТО ТПУ 2.5.01–2006.
3. В зависимости от особенностей ЛР или их цикла по указанию преподавателя отчет составляется каждым студентом индивидуально или общий на подгруппу (бригаду) студентов.

[СТП ТПУ 2.3.05–2006 Система образовательных стандартов. Занятия лабораторные. Общие требования к организации и проведению.]

Форма титульного листа отчета по лабораторной работе

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет – _____
Наименование
Направление (специальность) – _____
Наименование
Кафедра – _____
Наименование выпускающей кафедры (строчными
буквами кроме первой прописной)

Название работы – прописными буквами

Отчет по лабораторной работе № _____
Вариант (указывается при наличии)
по дисциплине _____
наименование учебной дисциплины

Исполнитель(и)
Студент(ы), номер группы _____ (подпись) И. О. Фамилия(и)
(дата)

Руководитель
(должность, ученая степень, звание) _____ (подпись) И. О. Фамилия
(дата)

Томск – 200__

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Акустические единицы

Звук и ультразвук представляют собой процессы механических колебаний, поэтому многие акустические величины измеряются в соответствующих механических единицах: период и частота колебаний, длина звуковой волны, скорость звука и т. д. В отличие от механики, в акустике измеряют только избыточную часть величины (например, давления), накладывающуюся на ее среднее значение при наличии звуковой волны. Согласно ГОСТ рекомендуется употреблять единицы системы СИ, хотя и использование единиц СГС допускается (табл. 1).

Таблица 1

Таблица основных акустических единиц

Наименование	Сокращенное обозначение	Соотношение единиц СГС и СИ
Звуковое давление	Па	$1 \text{ дин/см}^2 = 10^{-1} \text{ Па}$
Акустическое сопротивление	$\text{Па}\cdot\text{с/м}^3$	$1 \text{ дин}\cdot\text{с/см}^5 = 10^5 \text{ Па}\cdot\text{с/м}^3$
Механическое сопротивление	$\text{Н}\cdot\text{с/м}$	$1 \text{ дин}\cdot\text{с/см} = 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{с/м}$
Интенсивность звука	Вт/м^2	$1 \text{ эрг/с}\cdot\text{см}^2 = 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$
Звуковая энергия	Дж	$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$
Акустическая мощность, поток звуковой энергии	Вт	$1 \text{ эрг/сек} = 10^{-7} \text{ Вт}$

Кроме единиц СИ и СГС в акустике употребляются внесистемные относительные единицы. **Децибел (дБ)** – относительная акустическая единица. В акустике в единицах дБ измеряется уровень звукового давления относительно условно нулевого порога $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$, которому соответствует интенсивность звука в воздухе около $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$. Этот уровень в акустике примерно соответствует порогу слышимости.

$$I(\text{дБ}) = 10 \cdot \log_{10}(I/I_0).$$

В акустической эмиссии амплитуда АЭ сигнала измеряется в электрических единицах, Вольтах (исходный акустический сигнал после выхода с пьезоэлектрического датчика преобразуется в электрический сигнал), поэтому в качестве нулевого порога в АЭ принят 1 мкВ. Формула пересчета вольт в децибел имеет вид:

$$A(\text{дБ}) = 20 \cdot \log_{10}(A/A_0),$$

где A – текущая амплитуда, измеряемая на входе предварительного усилителя в единицах мкВ, $A_0 = 1$ мкВ – пороговая амплитуда.

В первой формуле под знаком логарифма стоит интенсивность, т. е. квадрат амплитуды, в последней формуле под знаком логарифма стоит амплитуда, отсюда разница в 2 раза (степень 2 во втором случае вынесена за логарифм).

При использовании номограммы перевода относительных величин в децибелы (рис. 1) следует сопоставлять значения на шкалах с одинаковым номером. Например, если $N = -6$ дБ (1-я верхняя шкала), то $A/A_0 = 0,5$ (верхняя нижняя шкала); если $A/A_0 = 500$ (3-я нижняя шкала), то $N = 54$ (3-я верхняя шкала).

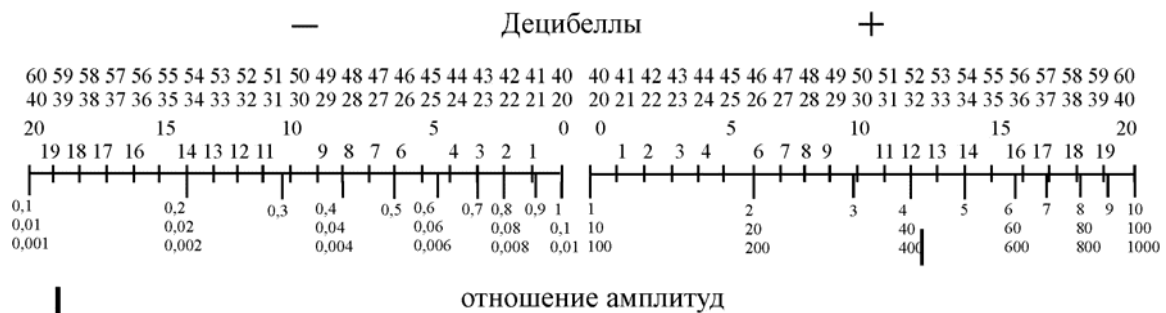


Рис. 1. Номограмма перевода относительных единиц в децибелы

Чувствительность ПАЭ выражается в В/Па (раньше широко применялась единица мкВ/бар).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Технические характеристики оборудования лаборатории акустико-эмиссионного контроля и программы AEwin

Характеристики системы DiSP в компьютере типа Iron-Box-4.

Характеристики АЭ плат

Характеристика	PCI-DSP4
Каналы акустической эмиссии	
Число входных каналов АЭ	4
Входной импеданс (Ом)	50
Напряжение питания пред. Усилителей	+28 В
Полоса частот канала АЭ (кГц)	10...2000
Фильтры высоких частот (кГц)	10, 20, 100, 200
Фильтры низких частот (кГц)	100, 200, 400, 2000
Макс. амплитуда сигналов (дБ отн. 1 мкВ)	100
Разрядность АЦП (бит)	16
Устанавливаемая частота отсчетов (1/сек)	100 К; 200 К; 400 К; 1 М; 2,5 М; 5 М; 10 М
Регистрация формы волны	Опция
Максимальная длина выборки (отсчетов)	15 К
Автоматический контроль датчиков (АКД/AST)	Есть
Запись непрерывных сигналов («streaming»)	Нет
Параметрические (внешние) каналы	
Число входных параметров каналов/ разрядность АЦП	8/16 бит
Интервал выборки параметрических каналов	10 мсек – 60 сек
Диапазон изменения напряжения на входах параметрических каналов (В)	±10, ±1, ±0.1, ±0.01
Физические параметры устройств	
Потребляемая мощность (Вт)	14
Размеры платы (Д x В x Ш) мм	311 x 107 x 16
Вес (г)	440

Характеристика AEwin

Общие характеристики

- Операционная система Windows 9x, NT4, 2000, XP (Оптимальной является среда WINDOWS 2000/XP).

- Формат установочного файла *.LAY обеспечивает компактный и эффективный способ хранения информации об аппаратных и графических установках, об установках, задаваемых при сборе данных, при формировании фильтров, сигналов тревог, локационной схемы, характеристик конфигурации среды и т. д.
- Три типа данных: хиты/события, оцифрованные сигналы (с заданной длиной выборки и частотой оцифровки), периодически записываемые параметры (внешний параметр, статистика шумов, т. д.).
- Поддержка формата файлов данных PAC (SPARTAN, MISTRAS, DiSP), имеющих расширение *.DTA. Преемственность ПО позволяет использовать средства AEWin для обработки DTA-файлов, записанных ранее, начиная с 1985 г.
- Функции отображения/печати, а также копирования/вставки информации для интегрирования в другие Windows-приложения.
- Стандартные функции графического интерфейса Windows для перемещения по пунктам меню, выбора/редактирования параметров и т. д.
- Возможность одновременного запуска нескольких задач AEWin, (одну, например, для регистрации данных, другую – для постобработки).
- Возможность управления задачей с удаленного компьютера.

Отображение данных

- Наличие нескольких панелей инструментов: установочная панель с пиктограммами, панель сбора данных, табличного представления данных, статусная и панель статистики данных.
- Функции печати включают отображение и распечатку графиков, одиночных или нескольких графических экранов, захват их в буфер/запоминание в графические файлы с расширением .JPEG.
- Отображение информации в графическом и табличном видах.
- Отображение различных типов графиков: точечный, линейный, гистограмма, кумулятивный и другие. Редактирование любых графиков по желанию пользователя. Предварительный просмотр графиков при их задании.
- Двух и Трехмерные графики, опции вращения графиков.
- Различные опции Графического Увеличения; функция Прокрутки в режиме увеличения для подробного просмотра всей информации.
- Функция копирования/вставки графических свойств для генерации идентичных графиков.
- Размещение до 12 произвольных графиков на экранной странице. Наложение любых графиков.
- Опция пролистывания экранных страниц удобным для пользователя способом.

- Опции графической и логической фильтрации осуществляются запуском утилиты AEwinPost.
- Опции выделения (выбора) хитов/событий. Произведенный выбор автоматически отражается на всех графиках и таблицах.
- Возможность выбора хитов (на точечном/кумулятивном графике либо в таблице) с одновременным отображением соответствующих оцифрованных сигналов.

Локация

Стандартно поддерживается 2 способа локации: **зонная** и **линейная локация**.

В качестве дополнительной опции предлагается **трехмерная локация в объеме и на сфере**, а также всевозможные способы **плоскостной локации**, в том числе, **произвольное расположение датчиков**.

- Определение координат для установки датчиков может производиться вручную или автоматически.
- Опция **кластеризации**, включающая отчетную информацию по **кластеризации и статистике**. Кластеризация не ограничивается локацией, но может производиться и в пространстве других признаков.
- Опция рисования **карты объекта**, включающая такие конструкции как плоскость, вертикальный/горизонтальный сосуд, сфера, структура произвольной формы. В данной опции для каждого типа конструкции имеется отдельный пункт меню со специфическим набором установок, что облегчает решение задачи размещения датчиков на объекте и **отображения его конструктивных особенностей**, таких как места расположения сварных швов, патрубков и других.
- **Кривая затухания амплитуд** сигналов (заданная в табличном/графическом виде), используемая при определении мест установки датчиков. **Функция коррекции амплитуд** с учетом затухания сигналов.
- **Наложение графиков и рисунков** (например, специфической карты объекта), сделанных в bmp-формате.
- **Функция плоскостной локации**, использующая произвольное число датчиков и алгоритм регрессионного анализа (с целью улучшения качества локации).

Форма Сигналов/ Цифровая Обработка Сигналов (DSP)

- Средства отображения/редактирования формы сигнала при выборе соответствующего хита.
- Функции Цифровой Обработки Сигналов, включающие получение коэффициентов разложения Фурье, Амплитудной и Фазовой характеристик, Энергетического спектра.

Характеристики генератора АЭ сигналов АЕСАL–2

Генератор предназначен для генерации импульсов АЭ при калибровке и настройке АЭ аппаратуры.

Кроме этого, АЕСАL–2 может генерировать меандр импульсов с радиочастотным заполнением.

Оператор может управлять следующими параметрами сигналов АЭ:

- временем нарастания;
- временем спада;
- амплитудой;
- частотой заполнения;
- частотой повторения импульсов.

Характеристики генератора АЭ сигнала АЕСАL–2

Несущая частота	Регулируемая в диапазоне от 10 кГц до 1 МГц Калиброванные частоты: 60 кГц±2,5 % 150 кГц±2,5 % 300 кГц±2,5 % 500 кГц±2,5 %
Амплитуда	От 10 до 99 дБ шагом 1 дБ
Выходной импеданс	50 Ом
Синхронизация	Ручная: кнопка на передней панели Автоматическая: от 2 Гц до 1,2 кГц. Задержка: 3 поддиапазона: А – от 1 мксек до 99 мксек шагом 1 мксек ± 2,5 % В – от 10 мксек до 990 мксек шагом 10 мксек ± 2,5 % С – от 100 мксек до 9900 мксек шагом 100 мксек ± 2,5 %
Время нарастания импульса АЭ	10 мксек ±2,5 % 50 мксек ±2,5 % 100 мксек 2,5 % 250 мксек ±2,5 % 500 мксек ±2,5 %
Время спада импульса АЭ	10 мксек ±2,5 % 50 мксек ±2,5 % 100 мксек ±2,5 % 500 мксек ±2,5 % 1000 мксек ±2,5 % 10 мсек ±2,5 %
Напряжение питания	220 В, 50 Гц

Характеристики АЭ датчиков DP15I–AST и WDI–AST, R6I–AST

DP15I–AST												
Размеры, диам x высота, мм ⁽¹⁾	Вес, г	Рабочие т емпературы, °С	Предельный удар, g ⁽²⁾	Материал корпуса	Материал протектора	Тип разъёма	Максимальная чувствительность, В/м/с, В/мкбар	Диапазон рабочих частот, кГц	Резонансная частота, кГц	Заземление ⁽³⁾	Тип герметика	
29×31	–	–45+85	500	нерж. сталь	керамика	BNC	120 (–25)	70...200	120 (153)	В	эпокс. смола	
WDI–AST												
39×30	70	–45+85	500	нерж. сталь	керамика	BNC	87 (–28)	100...1000	125 (500)	В		
R6I–AST												
29×40	98	–45+85	500	нерж. сталь	керамика	BNC	120 (–26)	40...100	50 (90)	В	эпокс. смола	
⁽¹⁾ размеры округлены до 1 мм ⁽²⁾ предельное ускорение в любом направлении ⁽³⁾ В – корпус заземлён и изолирован от контакта с объектом												

ПАЭ снабжены функцией AST (автоматическое тестирование датчиков) и встроенным предусилителем 40 дБ для нагрузки 50 Ом с низким шумом (< 2 мкВ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Протокол акустико-эмиссионного контроля

(объект контроля)

1. Дата проведения контроля: « _____ » _____ 200_ г.

2. Организация, проводящая контроль: _____

3. Данные об объекте:

Изготовитель _____

номер паспорта _____; дата ввода в эксплуатацию _____

марка материала _____; ГОСТ (ТУ) _____

метод изготовления _____

толщина стенки _____ мм; диаметр внутренний _____ мм

размеры контролируемой зоны _____ м

рабочее давление _____ МПа
(_____ кгс/см²);

рабочая среда _____

рабочая температура _____ °С

состояние поверхности _____

магнитные свойства _____

характеристики затухания волн _____

эскиз объекта с указанием размеров и размещения ПАЭ (в приложении)

4. Дополнительные сведения об объекте _____

5. Тип и условия испытаний _____
(гидравлическое или пневматическое)

рабочее тело _____

температура объекта _____ °С и окружающей среды _____ °С

марка нагружающего оборудования: _____

испытательное давление _____ МПа
(_____ кгс/см²).

6. Параметры графика нагружения:

(скорость нагружения _____, время выдержки _____

величины нагрузок при выдержках _____

(краткое описание и ссылка на график нагружения)

7. Тип и характеристика АЭ аппаратуры, включая название организации–изготовителя, модель и номер прибора _____

8. Число и тип преобразователей: _____

9. Контактная среда: _____

10. Режимы работы аппаратуры АЭ и проверка ее работоспособности (до и после испытаний):

- коэффициент предварительного усиления _____ дБ (_____ дБ);
- коэффициент основного усиления по каналам _____ дБ (_____ дБ);
- уровень порога по каналам _____ дБ (_____ дБ);
- уровень собственных шумов (приведенных ко входу предусилителя) _____ мкВ (_____ мкВ);
- рабочая полоса частот: _____ кГц.

11. Изменение параметров аппаратуры в ходе испытаний: _____

12. Перечень приложений:

- эскиз объекта контроля и схема расстановки ПАЭ;
- график нагружения;
- результаты регистрации АЭ.

Основные сведения о результатах контроля, (включая описание источников, распределение их по классам: «пассивный», «активный», «критически активный», «катастрофически активный» и критериям):

Обследование провели:

операторы АЭ–контроля

II уровня квалификации _____ (_____)

подпись

фамилия

I уровня квалификации _____ (_____)

подпись

фамилия

I уровня квалификации _____ (_____)

подпись

фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Акт проверки акустико-эмиссионного комплекса

тип, модель и номер прибора, организация–изготовитель

«_____» _____ 200_ г.

В соответствии с ПБ 03–593–03 после транспортировки, перед выполнением работ на объекте проведена проверка ___-х канального АЭ комплекса _____

Цель проверки:

1. Определение работоспособности и качественной работы плат по каждому каналу основного блока и блока расширения;
2. Определение амплитудного разброса каждого ПАЭ.

Методика проверки согласно ПБ 03–593–03.

Инструмент проверки: _____

тип, модель и номер прибора, дата поверки, организация–изготовитель

Результаты проверки: по п. 1 _____

по п. 2 _____

Таблица 1

Результаты проверки ПАЭ, Ø0,5 Хсу–Нильсена

№	S/N ПАЭ	A, дБ на L=10 см	A, дБ на L=0 см	Результаты внешнего осмотра	Заключение о соответствии ПБ 03–593–03
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Примечания: _____

Начальник участка АЭ контроля _____ (_____)
подпись фамилия

Инженер участка АЭ контроля _____ (_____)
подпись фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Заключение по результатам
акустико-эмиссионного контроля

Утверждаю
Директор

название организации

подпись, фамилия

« _____ » _____ 200_ г.

Дата проведения контроля: « _____ » _____ 200_ г.

Место проведения контроля: _____

Объект контроля: _____

Кем проводился контроль: _____

Детальная информация о выполненном АЭ контроле содержится в Отчете.

В результате проведения акустико-эмиссионного контроля при гидро- (пневмо)испытании объекта были выявлены следующие (пассивные, активные, критически активные, катастрофически активные) источники акустической эмиссии, на основании чего сделано следующее заключение:

Выводы и рекомендации:

Заключение составил

специалист АЭ контроля

II уровня квалификации _____ (_____)

подпись

фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Форма инструкции / Технологической карты / акустико-эмиссионного метода контроля

Образец № _____

Изделие (наименование объекта, описание или эскиз)	
Геометрические размеры	
Марка материала	
Требования к поверхности МУ	
Объём контроля	

Область применения (промышленный сектор / сектор продукции)	
Цель контроля	
Регламентирующие документы	
Классификация источников	
Требования к персоналу	

Приборы и средства контроля	Поверка приборов и средств контроля

Настройка прибора и подготовка к проведению контроля

Схема контроля

Условия контроля

Параметры контроля:	
– тип испытаний	
– рабочая среда	
– температура объекта	
– температура окружающей среды	
– марка нагружающего устройства	
– испытательное давление	
Параметры графика нагружения:	
– скорость нагружения	
– время выдержки	
– величины нагрузок во время выдержек	
Режимы работы аппаратуры:	
– коэффициент предварительного усилителя	
– коэффициент основного усиления по каналам	
– уровень дискриминации по каналам	
– уровень собственных шумов, приведённых ко входу усилителя	
– рабочая полоса частот	

Подробные указания по выполнению контроля:

Порядок действий при обнаружении источников АЭ
Оценка степени опасности источников АЭ (документ, критерий)
Форма записи и классификации результатов контроля (состав протокола)

Инструкцию разработал _____ / _____ /

Дата _____

Пример технологической карты: объект – сосуд давления
Инструкция / Технологическая карта /
акустико–эмиссионного метода контроля

Изделие (наименование объекта, описание или эскиз)	Сосуд давления
Геометрические размеры	Ø 812 мм, высота цилиндрической части 1250 мм, толщина стенки 8 мм
Марка материала	Ст 3
Требования к поверхности	Не хуже Rz 40
Объём контроля	Цилиндрическая часть

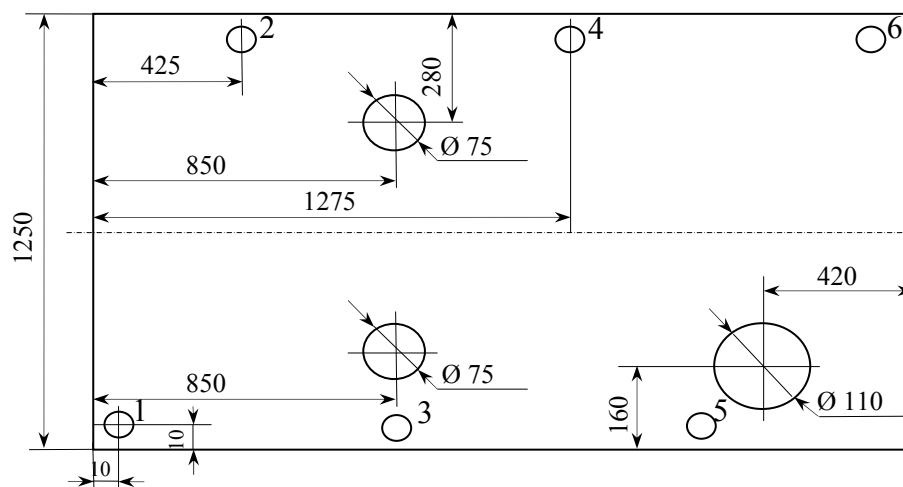
Область применения (промышленный сектор / сектор продукции)	1,2,3,4,5,8 по объектам контроля 1,2,3,4,5,6,7,8,10
Цель контроля	Выявление источников АЭ в объекте контроля
Регламентирующие документы	ПБ 03–593–03, РД 03–299–99, РД 03–300–99, ПБ 03–576–03
Классификация источников	Амплитудный критерий в соответствии с ПБ 03–593–03
Требования к персоналу	Специалисты I уровня

Приборы и средства контроля	Проверка приборов и средств контроля
<ol style="list-style-type: none"> 8–канальная АЭ система DISP Сигнальные кабельные линии – 6 шт. Преобразователи АЭ типа R15I интегрированные – 6 шт. Магнитные держатели – 6 шт. Имитатор Су–Нильсена. Имитатор нагрузки (источник напряжения). Рулетка измерительная 3 м. Контактная среда Литол–24. 	Проверить работоспособность каналов АЭ системы. Разница амплитуд сигналов на ПАЭ не должна превышать ±3 дБ. Проверку проводить до и после контроля.

Настройка прибора и подготовка к проведению контроля

- Проверить работоспособность аппаратуры и ПАЭ.
- Оценить степень зачистки поверхности в местах установки ПАЭ (не хуже Rz 40).
- Определение акустических свойств материала объекта контроля (скорость распространения упругой волны и коэффициент затухания).
- Составление схемы расстановки ПАЭ.

Схема контроля



Условия контроля

Параметры контроля:	
– тип испытаний	Пневмоиспытания
– рабочая среда	Воздух
– температура объекта	20° С
– температура окружающей среды	20° С
– марка нагружающего устройства	НЦ–1
– испытательное давление	2,5 МПа
Параметры графика нагружения:	
– скорость нагружения	0,002 МПа/мин ($P_{исп}/20$ МПа/мин)
– время выдержки	10 мин
– величины нагрузок во время выдержек	$0,5P_{раб}=1$ МПа, $P_{раб}=2$ МПа, $P_{исп}=2,5$ МПа, $0,5P_{раб}=1$ МПа, $P_{исп}=2,5$ МПа
Режимы работы аппаратуры:	
– коэффициент предварительного усилителя	40 дБ
– коэффициент основного усиления по каналам	0 дБ
– уровень дискриминации по каналам	6 дБ выше уровня шумов
– уровень собственных шумов, приведённых ко входу усилителя	5 мкВ
– рабочая полоса частот	100...200 кГц

Подробные указания по выполнению контроля:

1. Установить ПАЭ на объект контроля в соответствии с прилагаемой схемой контроля.
2. Перевести аппаратуру в режим сбора данных.
3. Провести нагружение объекта в соответствии с прилагаемым графиком нагружения, фиксируя источники АЭ и их координаты.
4. Сбросить нагрузку.
5. Завершить режим сбора данных.
6. Проверить работоспособность АЭ системы и ПАЭ.

Порядок действий при обнаружении источников АЭ

Источник I класса (пассивный) – регистрируют для анализа динамики его последующего развития.

Источник II класса (активный) – 1) регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля; 2) отмечают в отчете и записывают рекомендации по проведению дополнительного контроля с использованием других методов.

Источник III класса (критически активный) – 1) регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля; 2) предпринимают меры по подготовке возможного сброса нагрузки.

Источник IV класса (катастрофически активный) – 1) производят немедленное уменьшение нагрузки до 0 либо до величины, при которой класс источника АЭ снизится до уровня II или III класса; 2) после сброса нагрузки проводят осмотр объекта и при необходимости контроль другими методами.

Оценка степени опасности источников АЭ (документ, критерий)

ПБ 03–593–03, амплитудный критерий.

Форма записи и классификации результатов контроля (состав протокола)

Заполнить протокол в соответствии ПБ 03–593–03.

Инструкцию разработал _____ / _____ /

Дата _____

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список основной литературы

1. ГОСТ 27655–88. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.
2. Неразрушающий контроль: справочник: В 8 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. – 2–е изд., испр. Т. 7: В 2 кн. Кн.1: Иванов В.И., Власов И.Э. Метод акустической эмиссии. Кн. 2: Балицкий Ф.Я., Барков Н.А. и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2006. – 829 с.
3. Акустическая диагностика и контроль на предприятиях топливно–энергетического комплекса: монография / В.М. Баранов и др.– М.: Наука, 1998.
4. Иванов В.И., Белов В.М. Акустико–эмиссионный контроль сварки и сварных соединений. – М.: Машиностроение, 1981.
5. Акустическое контактное течеискание / Ю.Б. Дробот, В.А. Грешников, В.Н. Богачёв. – М.: Машиностроение, 1989.
6. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1995.
7. Неразрушающий контроль. Кн. 2, Акустические методы контроля: практическое пособие: В 5–ти книгах / под ред. В.В. Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1991.
8. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2003.
9. Правила организации и проведения акустико–эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. ПБ 03–593–03: Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 9 июня 2002 г. № 77. – 24 с.
10. Требования к акустико–эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов. РД 03–299–99: Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 15.07.99 № 52: введ в действие 01.10.99. – 18 с.
11. Требования к преобразователям акустической эмиссии, применяемым для контроля опасных производственных объектов.
12. РД 03–300–99: Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 15.07.99 № 53: срок введения в действие с 01.10.99. – 20 с.
Грешников В.А., Дробот Ю.В. Акустическая эмиссия. Применение её для испытания материалов и изделий. – М.: Издательство стандартов, 1976.

Список дополнительной литературы

1. Баранов В.М., Молодцов К.И. Акустико–эмиссионные приборы ядерной энергетики. – М.: Атомиздат, 1980.
2. Акустико-эмиссионная диагностика конструкций. А.Н. Серьёзов, Л.Н. Степанова, В.В. Муравьёв и др. / под ред. Л.Н. Степановой. – М.: Радио и связь, 2000.
3. Поллок А. Акустико-эмиссионный контроль. Physical Acoustics Corporation (PAC) // Авторская перепечатка из книги Металлы (Metals Handbook), 9–е издание. – Т. 17, ASM International. – 1989. – С. 278–294.
4. Бунина Н.А. Исследование пластической деформации металлов методом акустической эмиссии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990.
5. Гусев О.В. Акустическая эмиссия при деформировании монокристаллов тугоплавких металлов. – М.: Наука, 1982.
6. Андрейкив А.В., Лысак Н.В. Методы акустической эмиссии в исследовании процессов разрушения. – Киев: Наукова думка, 1989.
7. Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия. Физико-механические аспекты. – Издательство Ростовского университета, 1986.
8. Акустическая эмиссия и её применение для неразрушающего контроля в ядерной энергетике / под ред. К.Б. Вакара. – М.: Атомиздат, 1980.

Учебное издание

АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ. АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

Лабораторный практикум
по курсу «Акустико-эмиссионный метод контроля»
для студентов специальности 200102 «Физические методы
и приборы контроля качества и диагностики»

Составители: Оглезнева Л.А., Саженов А.П.

Издано в авторской редакции


Компьютерная верстка *К.С. Чечельницкая*
Дизайн обложки *О.Ю. Аршинова*

Подписано к печати 28.09.2011. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 5,47.
Заказ ____-11. Тираж 35 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru