

**ГИ УрО РАН  
Лаборатория ПТС**

**MicroNoise V 1.3**

**Руководство пользователя**

Составил Дягилев Р.А.

**Май 2013 г.**

## Содержание

1. Общие сведения .....	4
2. Список сокращений .....	5
3. Теоретические основы спектральных оценок .....	6
3.1. Виды спектральных оценок .....	7
3.1.1. Спектральная оценка Даниэля .....	8
3.1.2. Спектральная оценка Бартлетта .....	8
3.2. Использование оконных функций .....	9
4. Порядок работы .....	15
4.1. Описание основных элементов .....	15
4.1.1. Главное окно .....	15
4.1.1.1. Главное меню .....	15
4.1.1.2. Вкладки .....	16
4.1.1.3. Строка индикации состояния расчетов .....	16
4.1.1.4. Строка статуса .....	16
4.1.2. Окно сейсмограмм .....	17
4.1.3. Окно графиков .....	18
4.2. Подготовка данных к обработке .....	19
4.2.1. Работа с проектами .....	19
4.2.1.1. Создание проекта для нового объекта .....	20
4.2.1.2. Открытие существующего проекта .....	20
4.2.1.3. Сохранение проекта .....	20
4.2.1.4. Закрытие текущего проекта .....	20
4.2.1.5. Версии проектов .....	20
4.2.2. Работа с сейсмограммами .....	21
4.2.2.1. Добавление записей .....	21
4.2.2.2. Удаление записей .....	22
4.2.2.3. Объединение записей .....	22
4.2.2.4. Изменение пути до исходных файлов .....	23
4.2.2.5. Сжатие исходных данных .....	23
4.2.2.6. Разделение каналов записи .....	23
4.2.2.7. Сортировка записей .....	24
4.2.2.8. Просмотр записи .....	24
4.2.2.9. Редактирование параметров записи .....	24
4.2.2.9.1. Установка параметров каналов .....	25
4.2.2.9.2. Выбор интервалов для обработки .....	27
4.2.3. Структура данных проекта .....	27
4.3. Обработка данных .....	28
4.3.1. Настройки .....	28
4.3.2. Расчет спектров .....	31
4.3.2.1. Обычные спектры .....	31
4.3.2.1.1. Формат файлов обычных спектров .....	31
4.3.2.1.2. Просмотр обычных спектров .....	32
4.3.2.2. H/V-спектры .....	32
4.3.2.2.1. Формат файлов спектров Накамуры .....	32
4.3.2.2.2. Просмотр спектров Накамуры .....	34
4.3.3. Вариации спектров .....	34
4.4. Дополнительные настройки .....	35
5. Приложения .....	36
5.1. Используемые форматы записи данных проекта .....	36
5.1.1. Форматы записи частотных характеристик аппаратуры .....	36
5.1.1.1. Формат SAC (PAZ) .....	36

*MicroNoise 1.0. Руководство пользователя*

5.1.1.2. Формат RSP .....	36
5.1.1.3. Формат FAP .....	38
5.1.1.4. Форматы SEED и GSE .....	38
6. Литература .....	39

## 1. Общие сведения

### Назначение:

Расчет спектров сейсмических сигналов.

### Решаемые задачи:

- упорядочивание данных наблюдений вместе с сопутствующей информацией и сохранение в виде проекта;
- просмотр записей и их селекция для дальнейшей обработки
- разбраковка тихих и шумных интервалов времени
- расчет абсолютных спектров (амплитудных и спектров мощности)
- расчет относительных H/V спектров (спектры Накамуры)
- просмотр спектров
- просмотр набора спектров, а также их средних и медианных величин

### Версии

15 ноября 2012 г.

### Что нового

- создание репликации проекта MicroReq с ограниченными возможностями (только расчет и просмотр спектров).

22 мая 2013 г.

- устранение проблем при работе с форматом данных Reftek, добавление возможности оценки средних и медианных спектров по заданной выборке, добавление конвертера из формата данных станций “Байкал”.

### Авторские права

Авторские права на данный программный продукт принадлежат ГИ УрО РАН. При использовании как самого продукта, так и получаемых с его помощью результатов, следует ссылаться на автора:

*Дягилев Р.А. Пакет прикладных программ для узких задач сейсмического мониторинга. Спектральный анализ сейсмических шумов [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mi-perm.ru/solution/nr?show\\_id=29](http://www.mi-perm.ru/solution/nr?show_id=29). Пермь: ГИ УрО РАН, 2012.*

## **2. Список сокращений**

АЧХ	амплитудно-частотная характеристика.
ФЧХ	фазо-частотная характеристика.
ЧХ	частотная характеристика.
СПМ	спектральная плотность мощности
ДЦЛКМ	двойной щелчок левой кнопкой мыши

### 3. Теоретические основы спектральных оценок

Пусть функция  $c(t)$  дискретизирована в  $N$  точках, образуя равномерный ряд значений  $c_0 \dots c_{N-1}$  на временном интервале длительностью  $T$ , так что  $T = (N-1)\Delta$ , где  $\Delta$  – интервал дискретизации. Под *полной мощностью* такого сигнала будем иметь в виду величину

$$\frac{1}{T} \int_0^T |c(t)|^2 dt \approx \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |c_j|^2, \quad (3.1)$$

называемую *средним квадратом амплитуды*. А *среднюю амплитуду сигнала* будет характеризовать функция вида

$$\frac{1}{T} \int_0^T |c(t)| dt \approx \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |c_j|, \quad (3.1a)$$

Под *спектральной плотностью мощности* (СПМ) будем подразумевать функцию, которая *определена на интервале частот от 0 до  $f_c$*  (частота Найквиста) и *интеграл которой на этом интервале равен среднему квадрату амплитуды*.

Под *спектральной плотностью амплитуды* (СПА) будем подразумевать функцию, которая также *определена на интервале частот от 0 до  $f_c$*  и *интеграл которой на этом интервале равен среднему модулю амплитуды*.

Метод, используемый для оценки спектра мощности сигнала, исторически получил название *метода периодограмм*. Если имеется функция  $c(t)$ , оцифрованная в  $N$  равномерно отстоящих точках, то ее дискретное Фурье-преобразование будет иметь вид

$$C_k = \sum_{j=0}^{N-1} c_j e^{2\pi i j k / N} \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (3.2)$$

а периодограмма, представляющая спектр мощности, будет определена в  $N/2+1$  точках следующим образом

$$\begin{aligned} P(0) &= P(f_0) = \frac{1}{N^2} |C_0|^2 \\ P(f_k) &= \frac{1}{N^2} \left[ |C_k|^2 + |C_{N-k}|^2 \right] \quad k = 1, 2, \dots, \left( \frac{N}{2} - 1 \right) \\ P(f_c) &= P(f_{N/2}) = \frac{1}{N^2} |C_{N/2}|^2 \end{aligned}, \quad (3.3)$$

где  $f_k$  – неотрицательная частота

$$f_k \equiv \frac{k}{N\Delta} = 2f_c \frac{k}{N} \quad k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2}.$$

Согласно теореме Парсеваля дискретный временной ряд  $c$  и его спектр мощности  $C$  связаны соотношением

$$\sum_{k=0}^{N-1} |c_k|^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |C_n|^2, \quad (3.4)$$

поэтому можно видеть, что сумма  $N/2 + 1$  значений СПМ из (3.3) на самом деле есть не что иное, как средний квадрат амплитуды функции  $c_j$ .

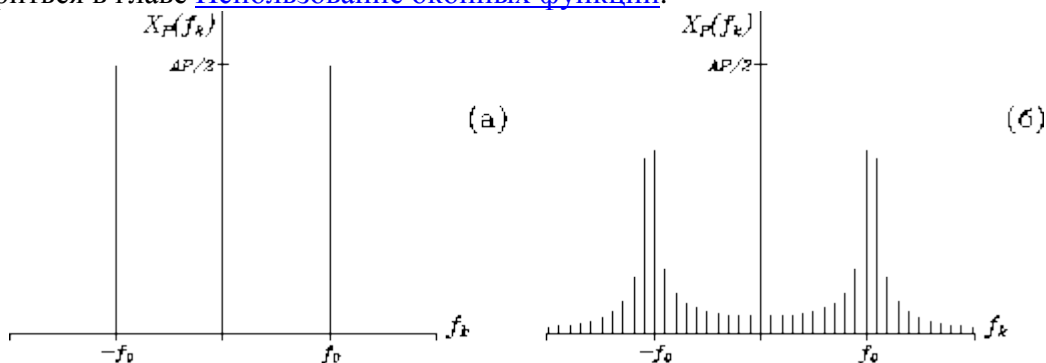
Точно так же можно получить периодограмму, представляющую амплитудный спектр сигнала, плотность которого в  $N/2+1$  точках будет определяться следующим образом.

$$\begin{aligned}
 A(0) &= A(f_0) = \frac{1}{N} |C_0| \\
 A(f_k) &= \frac{1}{N} [|C_k| + |C_{N-k}|], \quad k = 1, 2, \dots, \left(\frac{N}{2} - 1\right). \\
 A(f_c) &= A(f_{N/2}) = \frac{1}{N} |C_{N/2}|
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

Однако остается вопрос, действительно ли периодограмма с СПМ вида (3.3) является истинным спектром мощности функции  $c(t)$ ? С одной стороны это не так, поскольку одно дискретное значение  $P(f_k)$ , характеризующее целый диапазон спектра от частоты, отстоящее на полшага влево до частоты, отстоящей на полшага вправо, не может быть равным значению функции  $P(f)$ , которая является непрерывной. Следует ожидать, что значение  $P(f_k)$ , равно среднему значению мощности непрерывного спектра, полученному в некотором окне, центр которого попадает на  $f_k$ . Для периодограммы такая оконная функция имеет вид

$$W(s) = \frac{1}{N^2} \left[ \frac{\sin(\pi s)}{\sin(\pi s/N)} \right]^2.
 \tag{3.6}$$

Отметим, что функция  $W(s)$  имеет осциллирующий характер и с удалением от максимума ее значение  $W(s) \approx (\pi s)^{-2}$ . Затухание таких осцилляций не самое быстрое, поэтому результатом является значительное рассеяние энергии колебаний одной частоты по соседним. Стоит иметь в виду, что  $W(s)$  может быть равна нулю при  $s$  отличных от нуля. Такое бывает, когда функция  $c(t)$  является чистой синусоидой и ее частота совпадает с одной из частот  $f_k$ . Однако если частота синусоиды попадает между дискретными значениями  $f_k$ , то рассеяние все же будет иметь место даже далеко за пределами двух соседних частот. В какой-то степени проблема рассеяния решается с помощью оконных функций другой формы, о чем будет говориться в главе [Использование оконных функций](#).



Преобразование Фурье ряда, состоящего из дискретных значений функции косинус, для двух случаев: ряд имеет длительность, кратную целому числу периодов косинусоиды (а); длительность ряда не кратна целому числу периодов косинусоиды (б)

### 3.1. Виды спектральных оценок

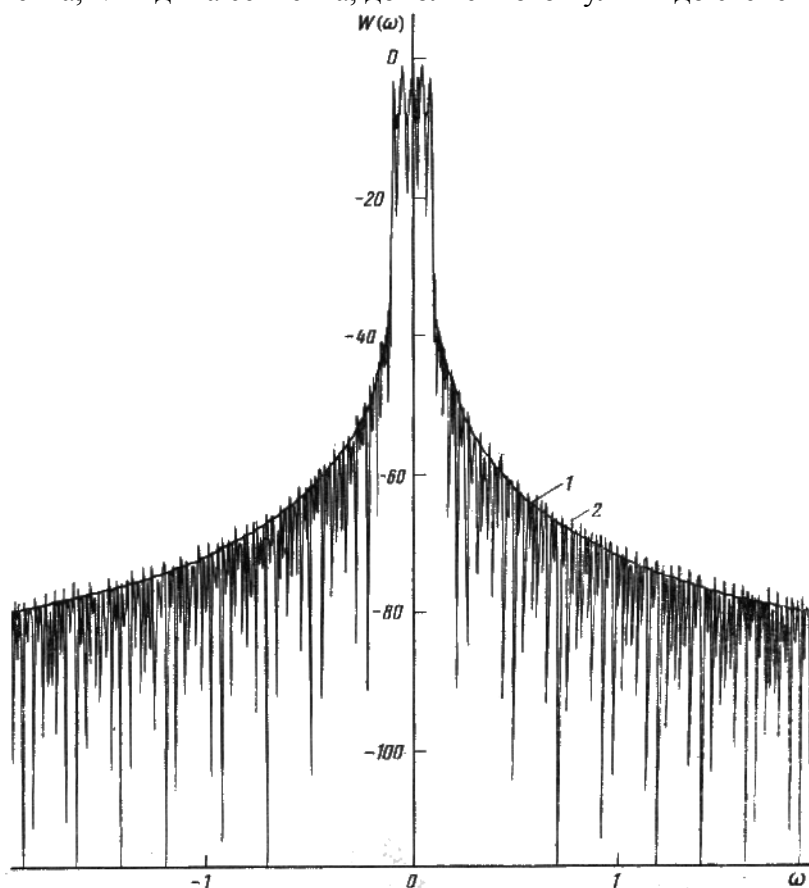
Количество данных, используемых для расчета спектра всегда ограничено, однако с увеличением числа отсчетов  $N$  в ряду следует ожидать уточнения спектральных оценок. На самом деле это не так. Дисперсия получаемой оценки периодограммы для любой частоты  $f_k$  всегда равна квадрату ожидаемой величины на этой же частоте, то есть стандартное отклонение сопоставимо с величиной спектральной плотности и не зависит от  $N$ . Увеличение количества данных  $N$  идет не на уточнение отдельных спектральных плотностей, а на увеличение их числа, на создание более подробного спектрального ряда, при этом дисперсия каждого отдельного значения плотности остается неизменной. Однако способы для уменьшения дисперсии отдельных спектральных оценок существуют.

Есть два способа, позволяющих сделать это одинаково с точки зрения математики, но практически по-разному: способ Даниэля и способ Бартлетта.

### 3.1.1. Спектральная оценка Даниэля

Даниэль предлагает делать расчет периодограммы с более подробным шагом, чем требуется изначально, после чего, суммируя  $K$  последовательных значений спектра, получают одно, соответствующее середине сглаживающего окна. Дисперсия такой суммарной оценки будет меньше исходной в  $K$  раз, а стандартное отклонение соответственно уменьшится в  $\sqrt{K}$  раз. Таким образом, чтобы получить спектр мощности в  $M+1$  точках между частотами 0 и  $f_k$  включительно, необходимо иметь коэффициенты Фурье ряда длиной  $2MK$ . Значения СПМ в таком случае также получаются из выражений (3.3), где  $N = 2MK$ . Далее формируется разреженный результат посредством суммирования (не усреднения) значений в каждой группе из  $K$  значений. Причина, по которой используется суммирование, а не усреднение заключается в том, чтобы получить оценку СПМ, отвечающую сформулированному изначально положению, согласно которому сумма  $M+1$  значений спектра будет равна среднему квадрату амплитуд исходной функции.

Ниже показана форма весовой функции Даниэля в спектральной области. Заметим, что при использовании расширенного множества данных, дополненного нулями до степени двойки (кривая 1), изрезанность функции меньше, чем для цельного ряда (кривая 2). Для того чтобы функция была гладкая (как кривая 1), отношение  $N/N'$  должно равняться примерно 0.7 ( $N$  – дина сегмента,  $N'$  – дина сегмента, дополненного нулями до степени двойки).



Дисперсия оценки пропорциональна отношению

$$\text{Var}[P_D(\omega)] = P^2(\omega)/N \Delta\omega, \quad \Delta\omega = 2\pi/(M \Delta t)$$

Вычисление спектральной оценки по Даниэлю рекомендуется для случаев, когда анализируемое множество данных состоит из малого (100—500) или среднего (500—4000) числа выборок.

### 3.1.2. Спектральная оценка Бартлетта

Этот подход для оценки СПМ в  $M+1$  точках в диапазоне частот 0 и  $f_k$  заключается разбиении исходного временного ряда на  $K$  сегментов, в каждом из которых содержится  $2M$  по-



следовательных точек. Для каждого сегмента с помощью преобразования Фурье и выражения (3.3) рассчитываются периодограммы, при этом принимается  $N = 2M$ . В итоге из  $K$  периодограмм получается одна посредством усреднения их значений для каждой частоты. Такая операция позволяет также уменьшить дисперсию каждой спектральной плотности в  $K$  раз (стандартное отклонение в  $\sqrt{K}$  раз). В вычислительном плане второй способ более эффективен, чем первый, поскольку с увеличением  $K$  расчет нескольких коротких периодограмм занимает меньше времени, чем расчет одной длинной. Это означает, что второй способ предпочтительней использовать, когда исходный временной ряд слишком длинный.

Дисперсия оценки уменьшается обратно пропорционально числу подмножеств  $K$

$$Var[P_e(\omega)] = P^2(\omega)/K$$

### 3.2. Использование оконных функций

Рассмотрим вопрос рассеяния энергии между соседними оценками СПМ, вытекающего из выражения (3.6), которое является Фурье-образом естественной (прямоугольной) оконной функции  $w(t)$ , ограничивающей исходный временной ряд.

Изменить характер рассеяния можно, используя другие оконные функции. В таблицах 1 и 2 приведены формулы и основные спектральные характеристики наиболее распространенных и часто используемых весовых окон. Носители весовых функций, в принципе, являются неограниченными и при использовании в качестве весовых окон действуют только в пределах окна и обнуляются за его пределами. Формулы окон приводятся как в аналитической, так и в дискретной форме, с временным окном  $2\tau$ , симметричным относительно нуля (т.е.  $0 \pm \tau$ ). При переходе к дискретной форме окно  $2\tau$  заменяется окном  $2N+1$  (полное количество точек дискретизации выделяемой сигнальной функции), а значения  $t$  – номерами отсчетов  $j$  ( $t = j\Delta t$ ;  $t/\tau = j/N$ ). Следует заметить, что большинство весовых функций на границах окна ( $j = \pm N$ ) принимают нулевые или близкие к нулевым значения, т.е. фактическое окно усечения данных занижается на 2 точки. Последнее исключается, если принять  $2\tau = (2N+3)\Delta t$ .

Если количество точек в ряде равно  $N$ , и границы окна находятся в точках 0 и  $N-1$ , то  $t/\tau = 2(j-N/2)/N$ .

Таблица 1

Основные весовые функции

Временное окно	Весовая функция	Фурье-образ
Прямоугольное	$w(t) = \Pi(t) = 1,  t  \leq \tau$ $w(t) = \Pi(t) = 0,  t  > \tau$	$W(\omega) = \Pi(\omega) = 2\tau \text{ sinc}[\omega\tau]$
Бартлетта (треугольное)	$w(t) = b(t) = 1 -  t /\tau$	$W(\omega) = B(\omega) = \tau \text{ sinc}^2(\omega\tau/2)$ .
Хеннинга, Ханна	$w(t) = 0.5[1 + \cos(\pi t/\tau)]$	$W(\omega) = 0.5\Pi(\omega) + 0.25\Pi(\omega + \pi/\tau) + 0.25\Pi(\omega - \pi/\tau)$
Хемминга	$w(t) = 0.54 + 0.46 \cos(\pi t/\tau)$	$W(\omega) = 0.54\Pi(\omega) + 0.23\Pi(\omega + \pi/\tau) + 0.23\Pi(\omega - \pi/\tau)$
Карре (2-е окно)	$w(t) = b(t) \text{ sinc}(\pi t/\tau)$	$W(\omega) = \tau \cdot B(\omega) * \Pi(\omega)$ , $\Pi(\omega) = 1$ при $ \omega  < \pi/\tau$
Лапласа-Гаусса	$w(t) = \exp[-\beta^2(t/\tau)^2/2]$	$W(\omega) = [(\tau/\beta) \sqrt{2\pi} \exp(-\tau^2\omega^2/(2\beta^2))] * \Pi(\omega)$
Кайзера-Бесселя	$w(t) = \frac{J_0[\beta\sqrt{1-(t/\tau)^2}]}{J_0[\beta]}$ , $J_0[x] = \sum_{k=1}^{\infty} [(x/2)^k/k!]^2$	Вычисляется преобразованием Фурье. $J_0[x]$ – модифицированная функция Бесселя нулевого порядка
Уэлча (параболическое)	$w(t) = 1 - (t/\tau)^2$	нет данных

Название окна	Временное представление $w(i)$	Спектральная характеристика $W(f)$
Прямоугольное	$w_r(i)$	$W_r(f)$
Треугольное (окно Барлетта)	$1 - 2 t(i) $	$(2/N)W_r^2(f/2)$
Косинус-квадратное (окно Ханна)	$\cos^2(\pi t(i))$	$0.5W_r(f) + 0.25W_r(f - \Delta f) + 0.25W_r(f + \Delta f)$
Приподнятый косинус (окно Хемминга)	$0.54 + 0.46 \cos(2\pi t(i))$	$0.54W_r(f) + 0.23W_r(f - \Delta f) + 0.23W_r(f + \Delta f)$
Взвешенные косинусы (окно Наттолла, $R = 3$ )	$\sum_{r=0}^R a_r \cos(2\pi r t(i))$ , где $a_r$ -- параметры	$\sum_{r=0}^R 0.5a_r (W_r(f - r\Delta f) + W_r(f + r\Delta f))$

Определиться, какое именно окно наиболее подходит при получении спектральных оценок поможет таблица 2. Отметим лишь, что если амплитуда осцилляций (в единицах амплитуды главного максимума) определяется выбранным типом весовой функции, то ширина главного максимума, которой определяется ширина переходной зоны (вместо скачка функции), зависит от размеров весового окна и соответственно может изменяться под поставленные условия (уменьшаться увеличением размера  $2N+1$  весового окна).

Таблица 2

Характеристики спектров весовых функций

Параметры	Ед. изм.	П-окно	Бартлетт	Ланцош	Хемминг	Хемминг	Карре	Лаплас	Кайзер
Амплитуда:									
Главный пик	$\tau$	2	1	1.18	1	1.08	0.77	0.83	0.82
1-й выброс(-)	%Гл.п.	0.217	-	0.048	0.027	0.0062	-	0.0016	.00045
2-й выброс(+)	- " -	0.128	0.047	0.020	0.0084	0.0016	-	0.0014	.00028
Ширина Гл. пика	$\omega\tau/2\pi$	0.60	0.89	0.87	1.00	0.91	1.12	1.12	1.15
Положения:									
1-й нуль	$\omega\tau/2\pi$	0.50	1.00	0.82	1.00	1.00	-	1.74	1.52
1-й выброс	$\omega\tau/2\pi$	0.72	-	1.00	1.19	1.09	-	1.91	1.59
2-й нуль	$\omega\tau/2\pi$	1.00	-	1.29	1.50	1.30	-	2.10	1.74
2-й выброс	$\omega\tau/2\pi$	1.22	1.44	1.50	1.72	1.41	-	2.34	1.88

Сравнительный вид весовых функций приведен на рис. 1. Расчет функций проведен с исключением нулевых значений на границах весового окна.

Период осцилляций суммы усеченного ряда Фурье примерно равен периоду первого отброшенного члена ряда. С учетом этого фактора осцилляции частотной характеристики могут быть существенно сглажены путем усреднения по длине периода осцилляций в единицах частоты, т.е. при нормированной свертке с  $\Pi_r(\omega)$  – импульсом, длина которого равна пе-

риоду осцилляций  $\tau = 2\pi/(N+1)$ . Эта свертка отобразится во временной области умножением коэффициентов фильтра  $h(n)$  на множители, которые являются коэффициентами преобразования Фурье частотной П-образной сглаживающей функции  $\Pi_r(\omega)$ :

$$H'_N(\omega) = H_N(\omega) \beta \Pi_r(\omega) \Leftrightarrow h_n \sigma_N(n) = h(n) \Pi_N(n) \sigma_N(n),$$

$$p(n) = \Pi_N(n) \square \sigma_N(n) = \text{sinc}(\pi n/(N+1)), \quad |n| \leq N.$$

Эта операция носит название сглаживания Ланцоша. Произведение  $\Pi_N(n) \sigma_N(n) \equiv \sigma_N(n)$  представляет собой новое весовое окно селекции  $p(n)$  взамен прямоугольного окна. Функцию  $\sigma_N(n)$  обычно называют временной весовой функцией (окном). Вид и частотная характеристика весового окна Ланцоша в сопоставлении с прямоугольным окном приведены на рис. 2.

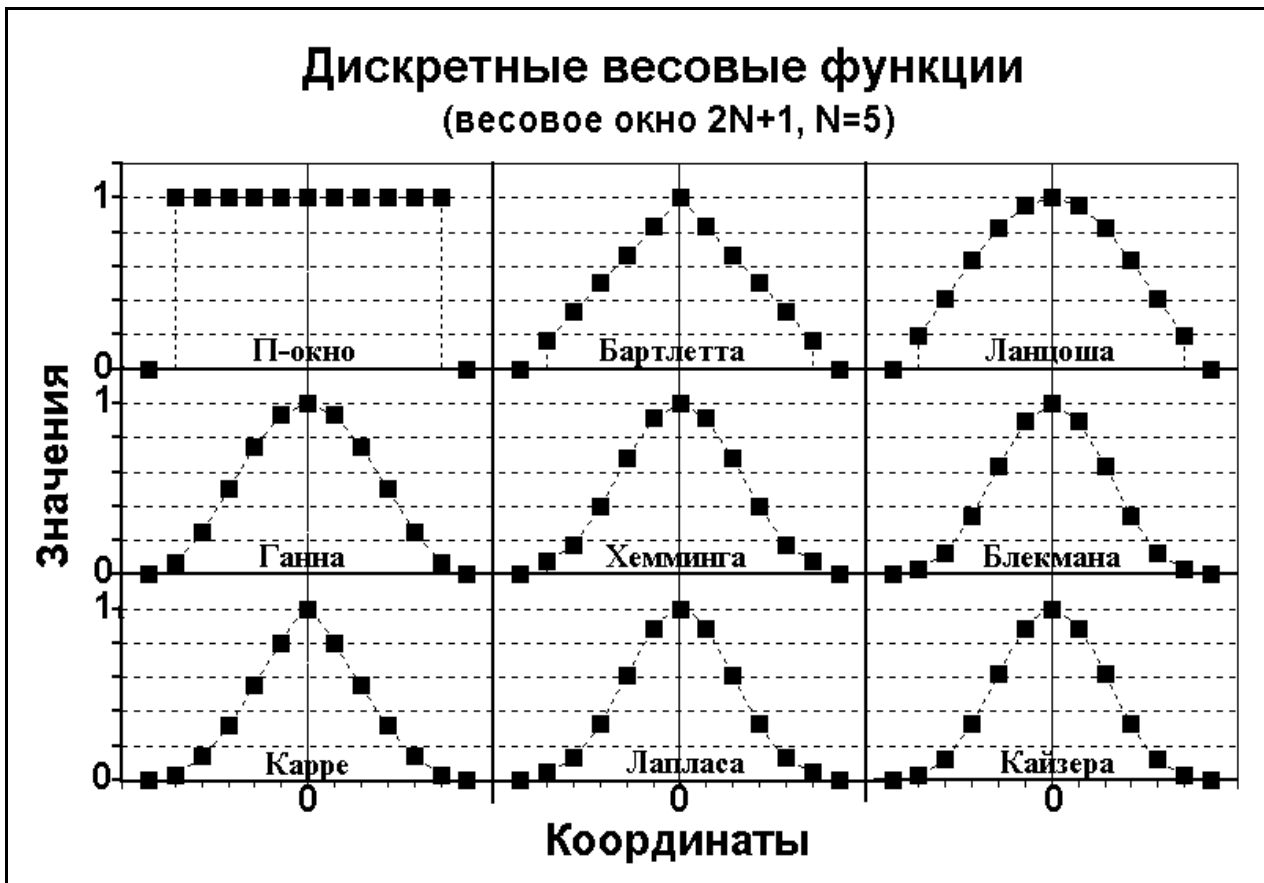


Рис. 1. Примеры весовых функций.

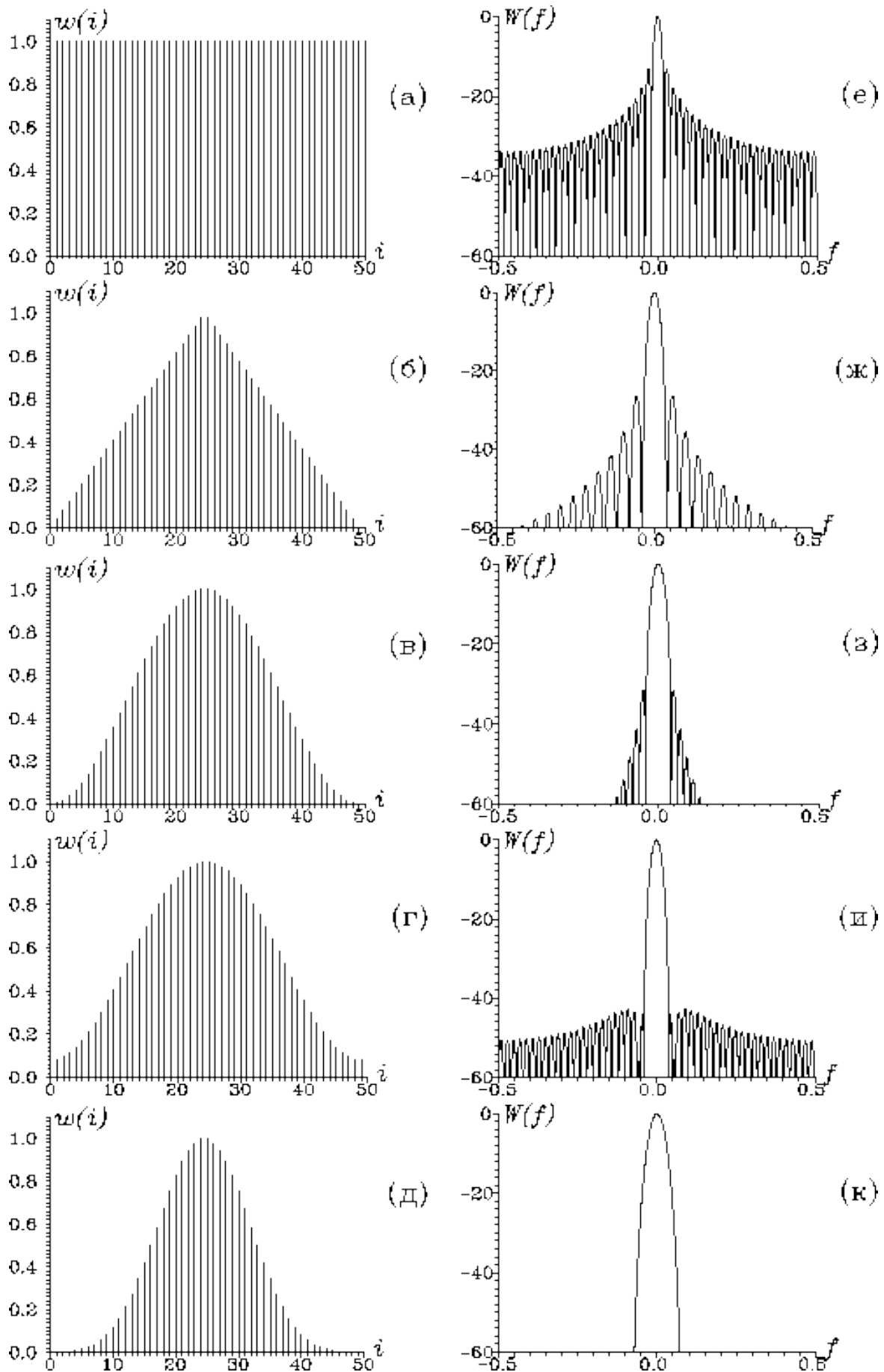


Рис.1. (Продолжение) Дискретно-временное ( а, б, в, г, д) и спектральное ( е, ж, з, и, к) представления окон: прямоугольного ( а, е), треугольного ( б, ж), Ханна ( в, з), Хемминга ( г, и), Наттолла ( д, к)

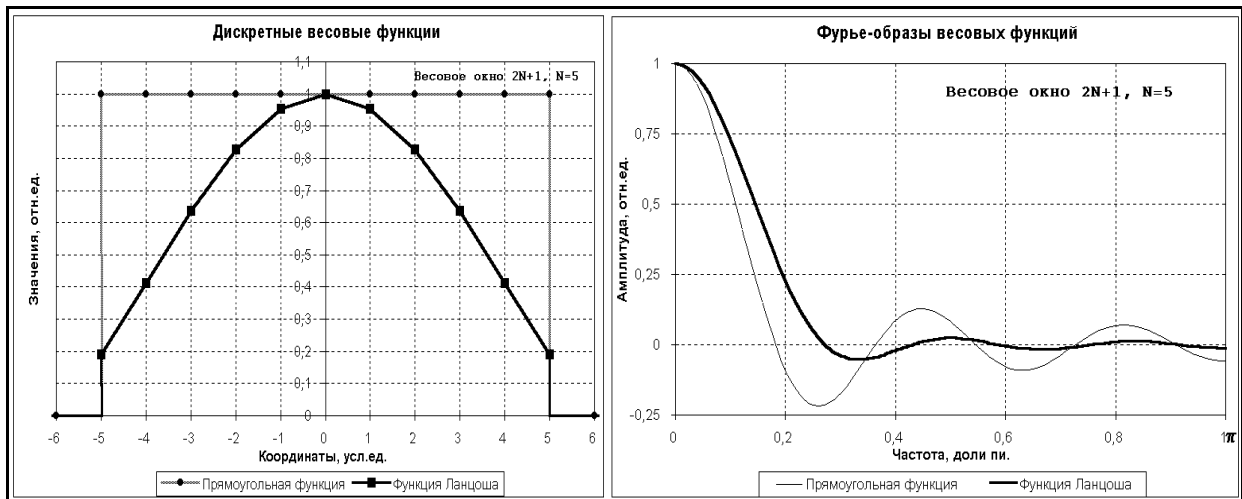


Рис. 2. Весовая функция Ланцоша.

Спектральные окна Бартлетта и Карре не имеют отрицательных выбросов и применяются, в основном, для усечения корреляционных функций. Функция Карре не имеет нулей и представляет собой положительно убывающую функцию. Функции Хеннинга и Хемминга примерно одного класса, функция Хемминга является улучшенным вариантом функции Хеннинга. Частотные образы функций Бартлетта и Хемминга приведены на рис. 3.

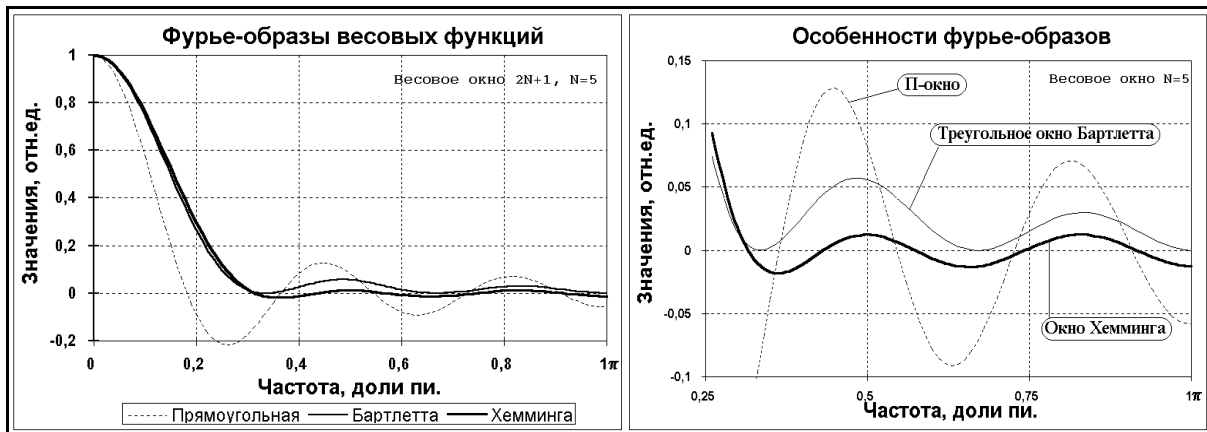


Рис. 3. Частотные функции Бартлетта и Хэмминга

Весовые окна Лапласа и Кайзера – усеченные функции соответственно Гаусса и Бесселя. Степень усечения зависит от параметра  $\beta$ . Характеристики функций, приведенные в таблице 2, действительны при  $\beta=3$  для окна Лапласа и  $\beta=9$  для окна Кайзера. При уменьшении значения  $\beta$  крутизна главного максимума сглаживающих функций увеличивается (ширина пика уменьшается), но платой за это является увеличение амплитуды осцилляций (рис. 4).

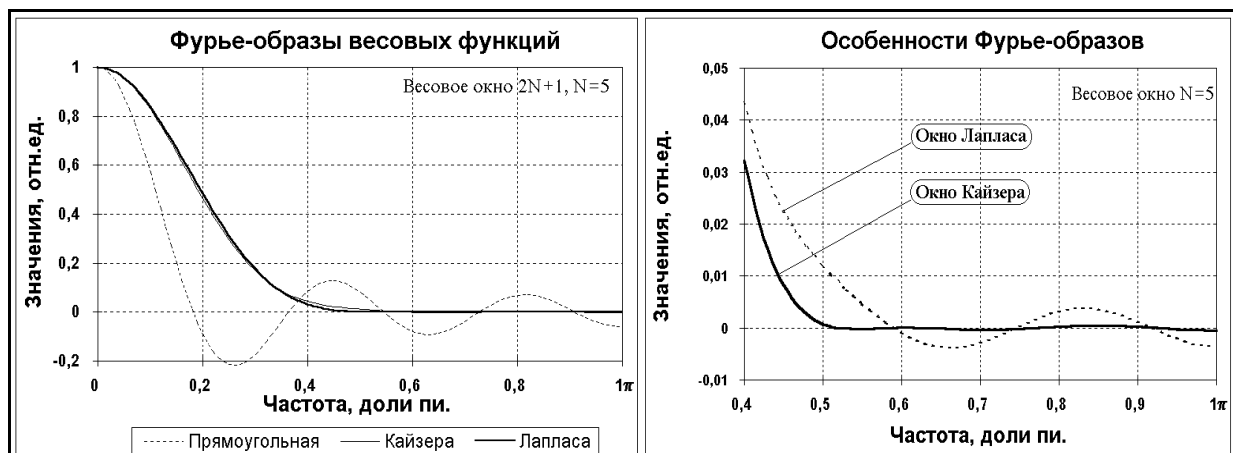


Рис. 4. Частотные функции Лапласа и Кайзера

Функции Лапласа и Кайзера являются универсальными функциями. По-существу, их можно отнести к числу двухпараметровых: размером окна  $2\tau$  (числом  $N$ ) может устанавливаться ширина главного максимума, а значением коэффициента  $\beta$  – относительная величина осцилляций на частотной характеристике весовых функций, причем, вплоть до осцилляций П-окна при  $\beta=0$ . Это обусловило их широкое использование, особенно при синтезе операторов фильтров.

Также широко используется весовая функция Уэлча. Особенности окна Уэлча в сравнении с другими окнами можно увидеть на рис. 5.

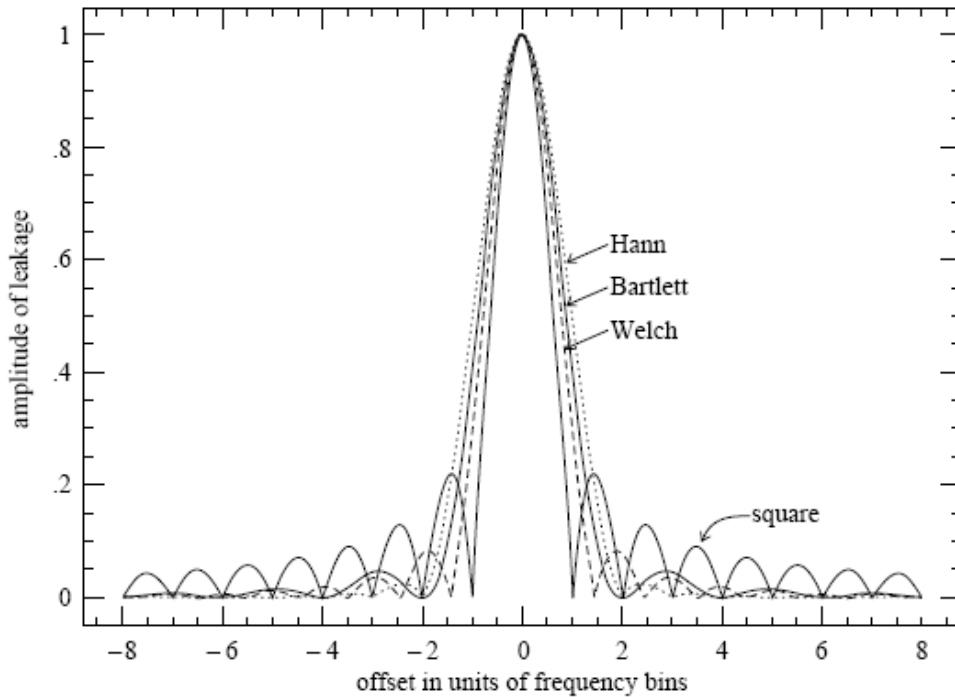


Рис.5. Частотные функции Бартлетта, Ханна и Уэлша

Figure 13.4.2. Leakage functions for the window functions of Figure 13.4.1. A signal whose

Применение весовой функции в «во» временной области ведет к необходимости коррекции оценок СПМ, полученных из предположения, что весовое окно является прямоугольным. Коэффициенты Фурье временного ряда, измененного с помощью оконной функции, будут иметь вид

$$D_k \equiv \sum_{j=0}^{N-1} c_j w_j e^{2\pi i j k / N} \quad k = 0, \dots, N-1$$

В общем виде коррекция сводится к поиску нормирующего коэффициента  $W_{ss}$ , заменяющего  $N^2$  в формулах (3.3).

$$\begin{aligned} P(0) &= P(f_0) = \frac{1}{W_{ss}} |D_0|^2 \\ P(f_k) &= \frac{1}{W_{ss}} [ |D_k|^2 + |D_{N-k}|^2 ] \quad k = 1, 2, \dots, \left( \frac{N}{2} - 1 \right) \\ P(f_c) &= P(f_{N/2}) = \frac{1}{W_{ss}} |D_{N/2}|^2 \end{aligned} \tag{3.3a}$$

Этот коэффициент можно найти из выражения

$$W_{ss} \equiv N \sum_{j=0}^{N-1} w_j^2 \tag{3.2.1}$$

Сопоставляя выражения (3.3), (3.3a) и (3.2.1) можно прийти к тому, что оценки СПМ, отвечающие окну, отличному от прямоугольного, корректируются обычным множителем  $N/W_{ss}$ .

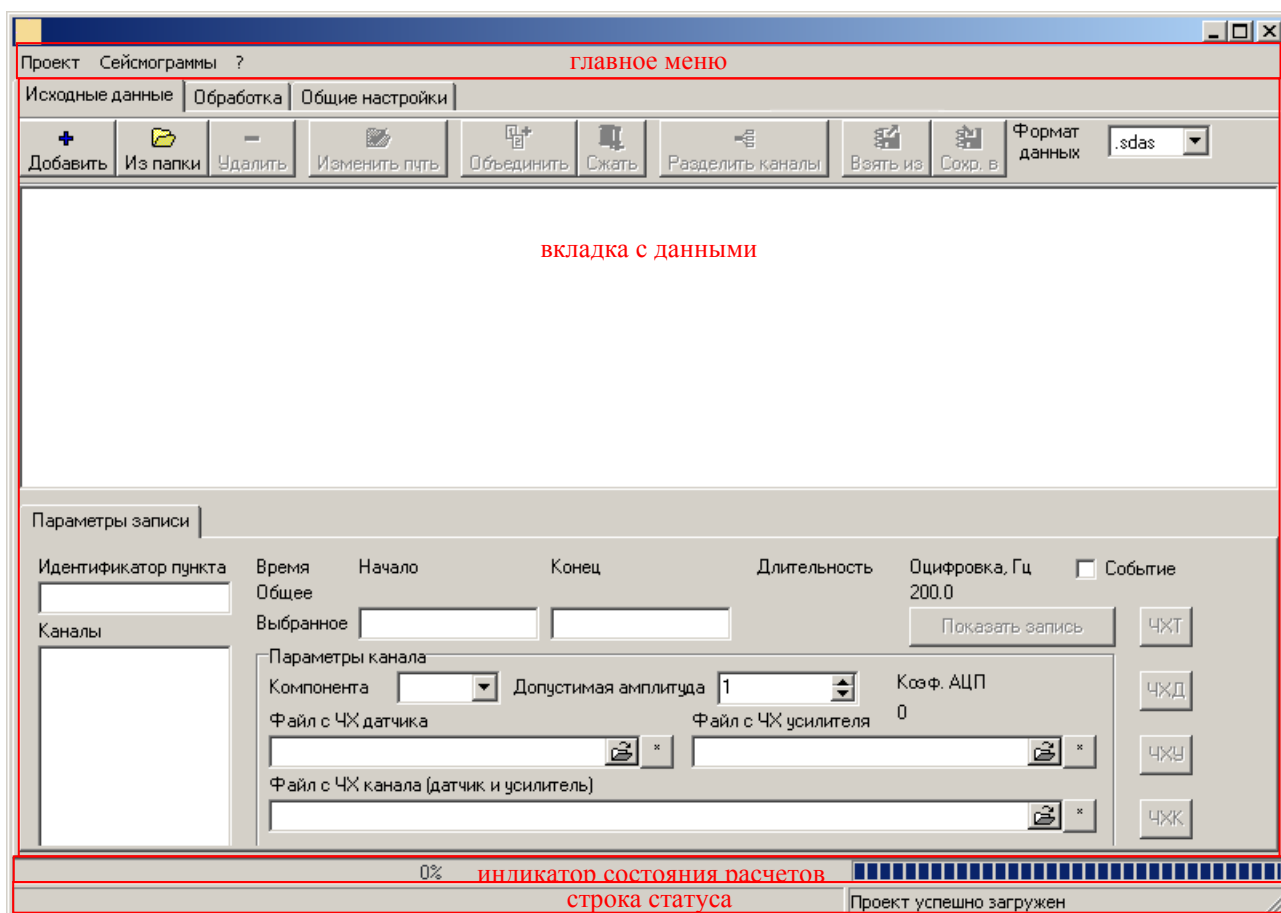
## 4. Порядок работы

### 4.1. Описание основных элементов

Вся работа приложения реализована в его трех основных окнах, обеспечивающих все необходимые функции для управления и визуализации данных. Управление данными и все вычисления реализованы в главном окне. Два вида используемых данных (сейсмограммы и спектры) обуславливают применение двух видов окон для визуализации и различных манипуляций с ними. Работа с сейсмограммами происходит в окне сейсмограмм. Работа со спектрами происходит в окне графиков и окне спектрального профиля.

#### 4.1.1. Главное окно

В главном окне в верхней части имеется главное меню. Основную центральную часть занимают вкладки с элементами управления всеми данными. В нижней части окна расположена строка статуса, совмещенная с информатором о ходе выполнения различных этапов обработки.



##### 4.1.1.1. Главное меню

**Проекты** – меню для управления проектами

**Новый** – создание нового проекта

**Открыть** – открытие существующего проекта

**Сохранить** – сохранение открытого проекта

**Сохранить как** – сохранение открытого проекта под новым именем

**Закреть** – закрытие текущего проекта

**Выход** – выход из приложения

**Сейсмограммы** – меню для управления сейсмограммами

**Добавить** – добавление новой сейсмограммы в список записей

**Из папки** – добавление всех сейсмограмм из заданной папки

**Удалить** – удаление записей из списка

**Изменить путь** – изменение пути до файлов записей, выделенных в списке

**Объединить** – объединение нескольких записей из списка

**Сжать** – объединение нескольких файлов записи в один и сохранение в сжатом виде

**Разделить каналы** – копирование записи согласно выделенным каналам

**Создать копию записи** – клонирование записи

? – меню для доступа к справочной системе

**Справка** – открытие файла справки

**О программе** – отображение информации о версии приложения

#### 4.1.1.2. Вкладки

Вкладки приложения отражают общую последовательность действий при обработке данных. Некоторые вкладки вложены в другие вкладки, образуя следующую иерархию:

**Исходные данные** – вкладка, содержащая элементы управления записями и их свойствами.

**Параметры записи** – вкладка с элементами управления параметрами записи.

**Параметры пункта наблюдения** – вкладка с элементами управления параметрами пункта наблюдения.

**Обработка** – вкладка, включающая элементы управления, используемые для расчета спектров и манипуляций с ними.

**Настройки** – вкладка с настройками, влияющими на расчет спектров.

**Обычные спектры** – вкладка для расчета и управления спектрами исходных записей.

**Спектры H/V** – вкладка для расчета и управления спектрами Накамуры.

**Вариации** – вкладка для управления визуализацией спектров.

**Общие настройки** – вкладка, включающая элементы управления настройками, влияющими на работу приложения.

#### 4.1.1.3. Строка индикации состояния расчетов

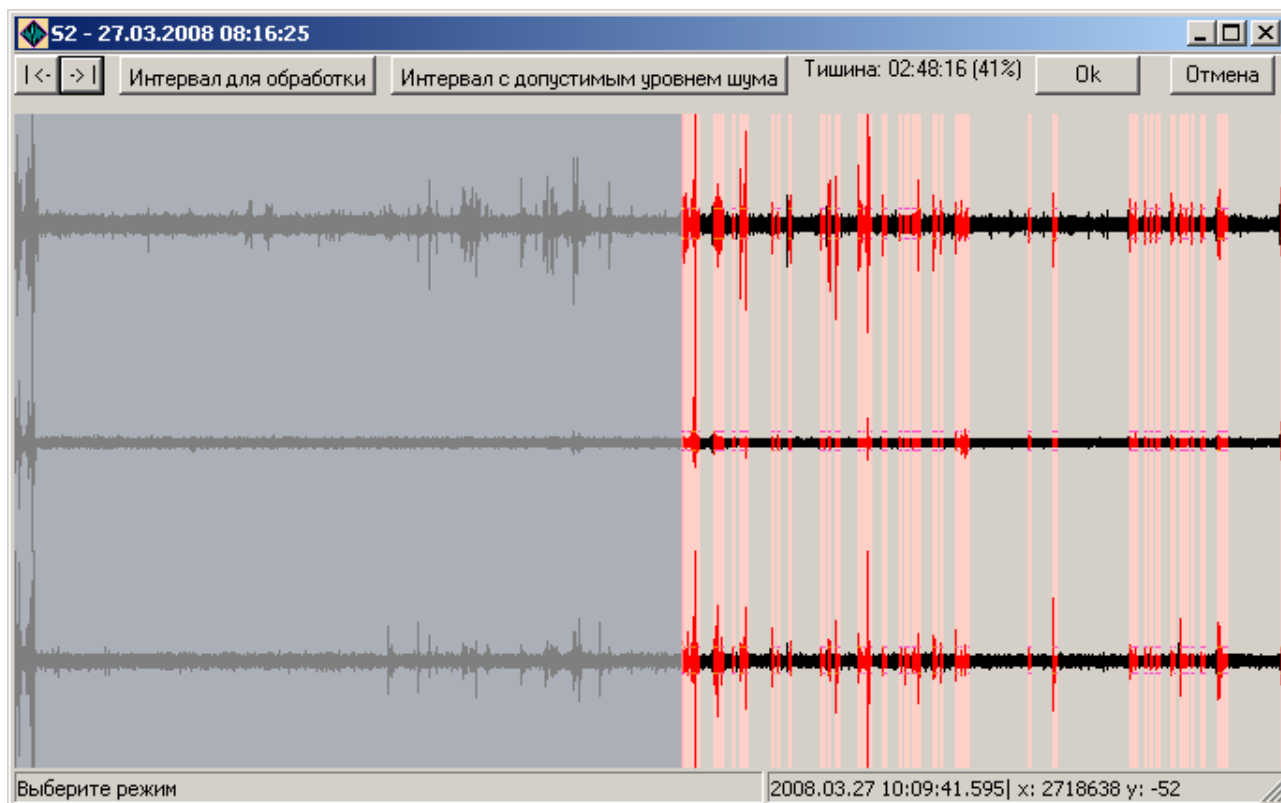
Строка индикации состояния расчетов расположена над строкой статуса и отображает текущее состояние процесса расчета, а также загрузки и сохранения данных в процентах графически в виде горизонтальных синих полос, длина которых пропорциональна доле выполненной работы. Строка индикации состояния расчетов состоит из двух частей, из которых левая часть отражает состояние основного цикла работы приложения, а правая часть – состояние составляющих его этапов. Текстовое описание выполняемых расчетов (этапов) отображается в строке статуса.

#### 4.1.1.4. Строка статуса

Строка статуса отображает дополнительную информацию об элементах управления, расположенных в главном окне или о командах меню. Информация меняется при наведении курсора мыши на интересующий элемент управления (кнопка, поле ввода, список, выключатель и др.). При выполнении расчетов и загрузке данных, соответствующие информационные сообщения также будут высвечиваться в строке статуса. Длительные операции, такие как загрузка сейсмограмм и расчет спектров, сопровождаются изменением цветового индикатора, информирующем о ходе выполнения процесса. Поле с цветовым индикатором расположено над строкой статуса.



## 4.1.2. Окно сейсмограмм



Окно сейсмограмм загружает выбранную сейсмограмму в списке записей главного окна и появляется при нажатии кнопки *Изменить* или при двойном щелчке левой кнопкой мыши над элементом списка.

В верхней части окно содержит панель инструментов, которые используются для задания временных интервалов обработки и выбора тихих интервалов записи.

Основную центральную часть окна занимает собственно сейсмограмма, которая визуализируется полностью. Часть записи, не попадающая в интервал обработки отображается темно-серым цветом. Интервалы с шумными участками записи отображаются красным цветом. В пределах красных интервалов отображаются также установленные уровни максимальных допустимых колебаний. Сейсмограмма визуализируется в едином масштабе для всех каналов, однако масштаб автоматически подбирается каждый раз при изменении временного масштаба визуализации.


В нижней части окна имеется строка статуса, отображающая информацию о текущем режиме работы в окне и сведения о доступных манипуляциях мышью и клавиатурой.


Окно сейсмограмм предназначено для визуальной оценки качества записей и выбора участков для обработки. Выбрать временной масштаб можно с помощью мыши, щелкнув левой кнопкой дважды в начале интересующего интервала и один раз – в конце. Двойной щелчок с движением мыши справа налево приведет к возврату к исходному масштабу визуализации, когда отображается сейсмическая запись полностью.

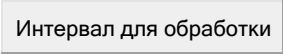
Видимый интервал можно изменить с помощью клавиш «I» (Zoom In – меньше) и «O» (Zoom Out – больше) на клавиатуре. Если визуализируется часть записи, можно двигаться по ней с помощью клавиш «<>» (движение назад) и «>>» (движение вперед). Для быстрого перемещения к началу записи – нажмите клавишу «Home», для перемещения в конец записи нажмите клавишу «End». Клавиши «+» и «-» отвечают за изменение вертикального масштаба визуализации.


Движение мыши по сейсмограмме сопровождается изменением показаний времени в строке статуса, соответствующих положению курсора, а также показаний текущих значений сейсмограмм (номер отсчета и его значение).

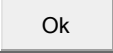
Для выбора участков обработки имеется четыре кнопки, из них первые три позволяют установить границы основного интервала. Четвертая кнопка управляет режимом выбора тихих интервалов в пределах основного.


 – кнопка, при нажатии которой левая граница основного интервала устанавливается в начало записи.

 – кнопка, при нажатии которой правая граница основного интервала устанавливается в конце записи.

 Нажатие этой кнопки включает режим выбора основного интервала обработки. Границы основного интервала устанавливаются непосредственно на сейсмограмме левой и правой кнопкой мыши. Нажатием левой кнопки можно менять положение его левой границы, нажатием правой кнопки меняется положение его правой границы. Повторное нажатие кнопки отключает данный режим.

 Нажатие этой кнопки включает режим выбора интервала с допустимым уровнем шума (тихий интервал). Поскольку расчет спектров осуществляется по данным, не содержащим значительных помех, необходимо их как-то идентифицировать. Идентификация помех происходит по амплитуде колебаний. При включении режима следует выбрать интервал, подходящий для обработки посредством движения мыши, удерживая нажатой ее левую кнопку. На выбранном интервале для каждого канала находится максимальная амплитуда, которая становится критерием для поиска других тихих интервалов, где уровень шумов такой же или ниже. Поиск интервалов осуществляется согласно установленному в [настройках](#) способу *Сегментирования данных*. Интервалы, в пределах которых амплитуда превышает допустимый уровень, на сейсмограмме будут отмечены красным цветом. Повторное нажатие кнопки отключает данный режим. Полезное количество информации (в абсолютных единицах и в процентах) отображается справа от кнопки.

 Нажатие кнопки ведет к запоминанию текущих параметров диалогового окна и его закрытию.

 Нажатие кнопки ведет к отказу от использования текущих параметров диалогового окна и его закрытию.

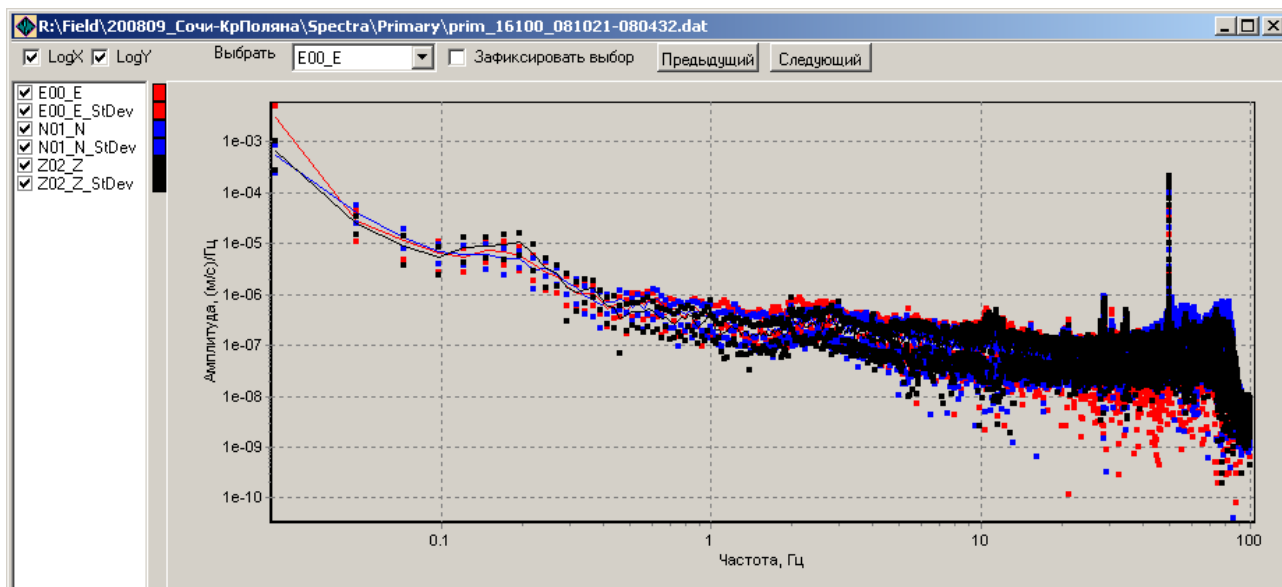
См. также:

[Настройки](#)

[Выбор интервалов для обработки](#)

### 4.1.3. Окно графиков

Окно графиков загружает выбранный спектр из любого списка и появляется при нажатии кнопки *Показать* или при двойном щелчке левой кнопкой мыши над элементом списка.



Окно графиков в верхней части содержит панель инструментов. Выключатели  LogX и  LogY позволяют переключаться с линейного масштаба визуализации на логарифмический. Здесь же располагается список **Выбрать** , обеспечивающий выбор элемента спектра, который будет использоваться при его дальнейшей обработке. Список может быть доступен или нет в зависимости от того, какие данные визуализируются в окне графиков. Для быстрого просмотра графиков имеется возможность загружать соседние (по алфавиту) файлы с помощью кнопок  и , при этом переход может сопровождаться автоматической редакцией предпочтительного выбора элемента спектра для дальнейшей обработки посредством выключателя  Зафиксировать выбор.

Основную часть окна графиков занимают собственно графики, которые изначально визуализируются полностью. При необходимости отобразить часть графиков следует использовать манипуляции мышью. Выделение части графика при движении указателем мыши вправо-вниз с нажатой левой кнопкой позволяет отобразить выделенную часть графика. Та же манипуляция с движением мыши, отличным от движения вправо-вниз, возвращает исходные масштабы визуализации. Движение мыши с нажатой правой кнопкой позволяет смещать график в любую сторону, при этом масштаб визуализации не меняется.

В левой части окна имеется список визуализируемых элементов графика. Обычно элементы размещаются парами (параметр и его стандартное отклонение). Основные элементы списка на графике показаны сплошными линиями, их стандартные отклонения – точками. Пары отображаются на графике одним цветом, который можно идентифицировать на цветовой шкале, расположенной между списком и графиком. Список имеет выключатели, позволяющие менять набор отображаемых элементов.

См. также:

[Просмотр обычных спектров](#)

[Просмотр спектров Накамуры](#)

[Вариации спектров](#)

## 4.2. Подготовка данных к обработке

### 4.2.1. Работа с проектами

Все необходимые для обработки данные, дополнительная информация и параметры обработки объединены структурой, которая может быть сохранена в виде проекта. Проекты имеют расширение MNP. Поддерживается два основных вида файлов проекта (текстовый и бинарный). В текстовом проекте данные хранятся в текстовом виде, удобном для ручного

редактирования, однако этот вид проекта не удобен для оперативной работы, поскольку сохранение больших проектов может занимать продолжительное время. Бинарный вид проектов может использоваться в повседневной работе, обеспечивая наибольшее быстродействие при сохранении данных. Скорость чтения проектов обоих видов одинаковая.

#### 4.2.1.1. Создание проекта для нового объекта

Новый проект создается автоматически при каждом новом запуске приложения. Также создать новый проект можно с помощью команды **Новый** в меню **Проект**. После этого можно приступить к заполнению созданного проекта данными.

#### 4.2.1.2. Открытие существующего проекта

В меню **Проект** выберите команду **Открыть**, найдите и выберите в появившемся диалоговом окне файл нужного проекта.

Если установить ассоциацию расширения MNP с приложением, открытие проектов можно выполнять с помощью двойного щелчка по имени файла.

Открытие или создание нового проекта сопровождается записью его имени в список последних загруженных файлов. Можно загрузить любой проект из этого списка, выбрав соответствующее имя в нем.

#### 4.2.1.3. Сохранение проекта

Загруженный проект можно сохранить на диск. Для сохранения открытого проекта под тем же именем в меню **Проект** выберите команду **Сохранить**. Для сохранения вновь созданного проекта или сохранения проекта в файл с другим именем выберите в меню **Проект** команду **Сохранить как**.

В файл проекта сохраняются следующие элементы:

- список данных,
- структура данных
- связи с файлами АЧХ
- параметры обработки
- общие настройки

Не сохраняются:

- список записей для визуализации вариаций спектров (список формируется каждый раз пользователем),

Сохранить проект можно как в текстовом, так и в бинарном виде. Выберите соответствующий вид проекта в диалоговом окне из нижнего выпадающего списка. По умолчанию при использовании команды **Сохранить** проекты сохраняются в бинарном виде, при использовании команды **Сохранить как** – в текстовом.

#### 4.2.1.4. Закрытие текущего проекта

В меню **Проект** выберите команду **Закрыть**. Если проект не был сохранен, будет предложено предварительно сохранить его.

#### 4.2.1.5. Версии проектов

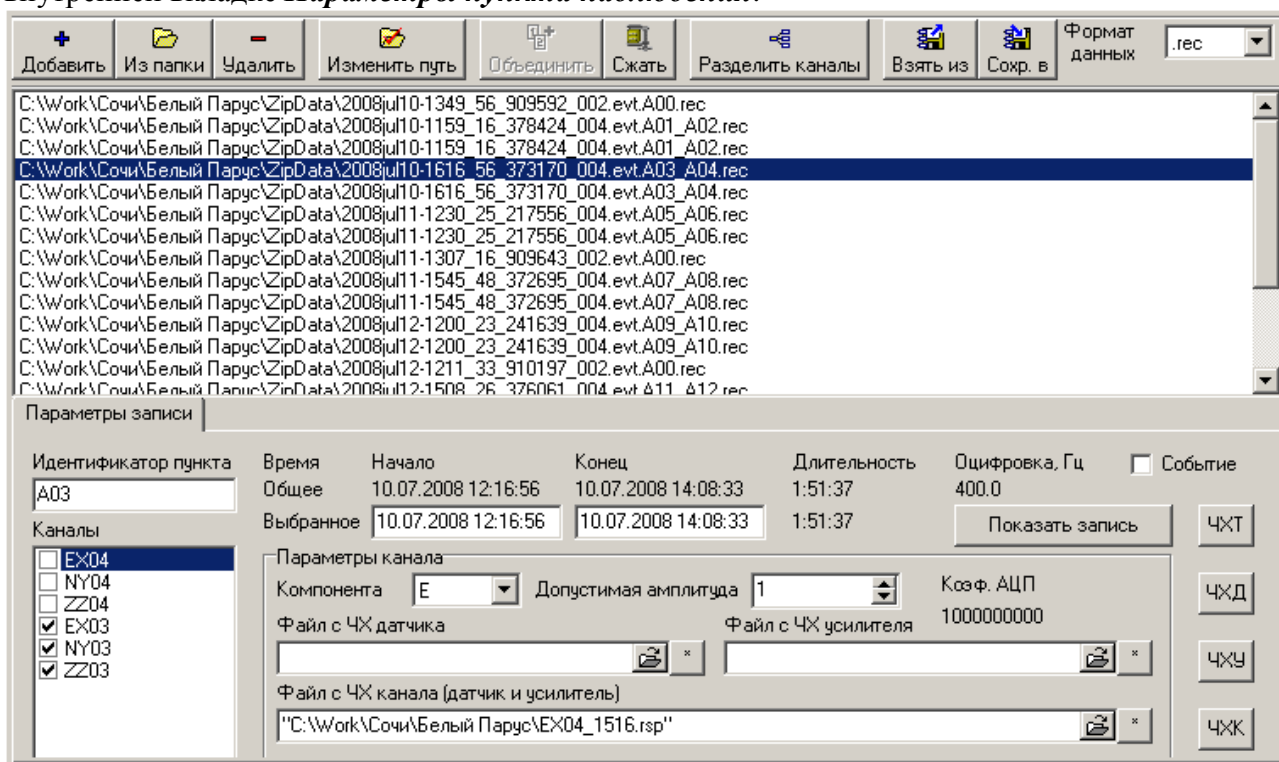
В настоящем виде приложение поддерживает две версии файла-проекта: текстовая и бинарная.

Бинарный вид проектов является основным, позволяет быстро работать с проектами (сохранять и открывать). Текстовый вид проекта, обладая структурой INI-файла, может редактироваться вручную, но работа с ним происходит несколько медленнее.

Для сохранения проекта в нужной версии необходимо ее явно указать в диалоге сохранения проекта (команда **Сохранить как**).

## 4.2.2. Работа с сейсмограммами

Новый или существующий проект должен содержать список сейсмограмм, которые предстоит обработать. Сейсмограммы, или записи, можно добавлять в проект, удалять из проекта, объединять друг с другом, копировать, сжимать, сортировать. Эти операции доступны из меню **Сейсмограммы**, через кнопки на панели инструментов и через контекстное меню списка. Исходные параметры, необходимые для обработки каждой сейсмограммы, можно редактировать во вкладке **Исходные данные**. Записи имеют параметры, которые редактируются во внутренней вкладке **Параметры записи**. Каждой записи ставится в соответствие пункт наблюдения. Параметры пунктов наблюдения можно редактировать во второй внутренней вкладке **Параметры пункта наблюдения**.



### 4.2.2.1. Добавление записей

Для добавления записей в проект можно воспользоваться двумя возможными вариантами действий.

Первый способ удобен при заполнении проекта данными, которые размещены в одной папке. Чтобы добавить все файлы записей, расположенные в какой-либо папке, выберите подходящий **Формат данных**, нажмите кнопку **Из папки** или выберите команду **Из папки** в меню **Сейсмограммы**. Появится диалоговое окно, в котором следует указать папку с данными.

**Примечание.** При загрузке данных из формата *.ugr\** имеется возможность автоматически вносить записи в проект вместе с координатами пунктов наблюдения, поэтому перед выбором папки появляется дополнительный запрос имени файла с историей GPS-координат. Данный файл создается конвертером из первичных бинарных файлов UGRA. Укажите этот файл, если он имеется. Если файла нет – нажмите кнопку **Отмена**. В последнем случае координаты точек наблюдения необходимо будет

Второй способ позволяет добавлять файлы с записями выборочно. Для этого нажмите кнопку **Добавить** или выберите команду **Добавить** в меню **Сейсмограммы**. В появившемся диалоговом окне выберите файлы, которые нужно добавить в проект. Для файлов в формате *.ugr\** справедливо примечание выше.

После добавления записей во вкладке **Исходные данные** список записей будет содержать имена загруженных файлов или первых файлов, если записи состоят из нескольких

файлов. Объединение файлов в записи происходит автоматически при добавлении данных первым способом. При этом записи считаются непрерывными, если их параметры регистрации одинаковы и разница во времени между концом предыдущего и началом последующего файлов не превышает заданной величины. Данная величина задается параметром **Макс. разрыв между записями**, с, расположенной на вкладке **Настройки** в группе параметров **Загрузка записей**.

Приложением поддерживается загрузка записей в следующих форматах:

- .rec** бинарный формат хранения записей, используемый лаб. ПТС ГИ УрО РАН (файлы, удовлетворяющие маске \*.rec);
- .iss\_dat** текстовый формат, используемый при экспорте записей из БД ISSI (файлы, удовлетворяющие маске \*.iss\_dat);
- .ugr\*** бинарный формат записей, экспортированных из файлов, создаваемых станцией ГС РАН UGRA (файлы, удовлетворяющие маске ????????Z\*.ugr\*);
- .sdas** бинарный формат хранения записей, используемый станциями ГС РАН SDAS (файлы не имеют общей маски, поэтому перед их добавлением следует к файлам добавить расширение \*.sdas);
- .reftek** бинарный формат хранения записей, используемый REF ТЕК (файлы, удовлетворяющие маске ????????\_\*);
- .gcf** бинарный формат хранения записей, используемый Guralp (файлы, удовлетворяющие маске \*.gcf);
- .ddb** формат хранения записей, используемый станциями DeltaGeon (файлы, удовлетворяющие маске \*.adb, \*.ddb);
- .msd, .mseed** бинарный формат хранения записей MiniSEED (файлы, удовлетворяющие маске \*.msd, \*.mseed);
- .wfd\*** формат CSS 3.0 (файлы, удовлетворяющие маске \*.wfd\*);
- .baikal** формат записей, используемый в станциях “Байкал” (файлы, удовлетворяющие маске ????????u\*.\*);
- .sl** формат SL, создаваемых системами мониторинга ВНИМИ (файлы, удовлетворяющие маске \*.sl)

#### 4.2.2.2. Удаление записей

Выберите одну или несколько записей в списке, которую следует удалить из проекта. Нажмите клавишу **Del** на клавиатуре, кнопку **Удалить** на панели инструментов или команду **Удалить** в меню **Сейсмограммы** для удаления выделенных записей.

#### 4.2.2.3. Объединение записей

По причине несовпадения действительной частоты оцифровки АЦП с номинальной в непрерывной записи время конца сейсмограммы в одном файле может отличаться от времени начала следующего файла. Иногда эта разница может превышать величину 10 с, выбранную в качестве критерия непрерывности данных. Как правило, это характерно для длинных сейсмограмм. Короткие сейсмограммы (до 30 минут) объединяются в записи достаточно точно.

Если объединение файлов в записи произошло не совсем корректно, это можно исправить, воспользовавшись возможностью объединения. Для объединения записей, загруженных в проект, необходимо их выделить в списке, после чего нажать кнопку **Объединить** или выбрать команду **Объединить** в меню **Сейсмограммы**.

После объединения более поздние записи из списка исчезнут, останется только самая ранняя из них, при этом время ее конца изменится, став равным времени конца самой поздней записи.

**Примечание:** не рекомендуется объединять записи, полученные из исходных форматов UGR, если планируется их дальнейшее сжатие, а составляющие новой записи имеют разную длину временного ряда данных. Формат хранения сжатых данных предполагает разде-

ление данных на блоки равной длины. Фактически разделение на блоки происходит по файлам (один файл = один блок).

#### 4.2.2.4. Изменение пути до исходных файлов

Один проект может содержать информацию об исходных данных, расположенных физически в большом количестве файлов. Если по какой-либо причине файлы исходных данных будут перемещены в место, отличное от того, когда создавался проект, ссылки на них становятся недействительными, в результате чего данные становится невозможно загружать и обрабатывать. Для случаев полного или частичного переноса данных в другую папку имеется возможность восстановить актуальность ссылок посредством смены пути до файлов. Для этого необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы и выбрать команду **Изменить путь** непосредственно на вкладке **Исходные данные** или в меню **Сейсмограммы**.

#### 4.2.2.5. Сжатие исходных данных

Использование различных видов аппаратуры для получения исходных данных приводит к необходимости создания различных конвертеров, обеспечивающих возможность загрузки сейсмограмм в приложение. Конвертированные или сами исходные данные не всегда оптимальны для использования и хранения. Большое количество файлов существенно замедляет процесс их загрузки, а использование обычных бинарных или текстовых кодов не эффективно для хранения на диске. В приложении имеется возможность максимально ускорить процесс загрузки записей, состоящих из нескольких файлов, при этом для каждой записи создается сжатая копия, которая помещается в папку  $\$ResDir\ZipData$ , где  $\$ResDir$  – [папка хранения результатов проекта](#). При сжатии несколько файлов объединяются в один, что в последствие при загрузке непрерывной записи исключает необходимость составления списка файлов, формирующих эту запись. Также существенно снижается объем занимаемого дискового пространства, отводимого под данную запись. Обычные бинарные данные сжимаются в среднем до 5 раз. Текстовые файлы можно сократить в объеме до 10-15 раз. После сжатия в проекте старая ссылка заменяется на новую, соответствующую сжатой записи.

Для сжатия необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы и выбрать команду **Сжать** непосредственно на вкладке **Исходные данные** или в меню **Сейсмограммы**.

**Примечание 1:** при сжатии формируется файлы с параметрами полностью идентичными исходным за исключением имени станций, которое в проекте может отличаться от указанного в файле. В сжатых файлах будет установлено то имя станции, которое указано в проекте.

**Примечание 2:** не рекомендуется сжимать записи, полученные из исходных форматов UGR, если они ранее были объединены из нескольких других записей, и составляющие их файлы имели разную длину временного ряда данных. Формат хранения сжатых данных предполагает разделение данных на блоки равной длины. Фактически разделение на блоки происходит по файлам (один файл = один блок).

#### 4.2.2.6. Разделение каналов записи

Идеология работы приложения построена таким образом, чтобы одной трехкомпонентной записи всегда соответствовал один пункт наблюдения. Иногда для оптимизации полевых наблюдений это условие не соблюдается: одна запись содержит сейсмограммы, полученные в различных пунктах наблюдения, при этом не всегда они содержат все три компонента. Для корректной обработки такой записи необходимо создать столько ее копий, сколько отдельных пунктов в ней представлено.

Разделение записей в приложении осуществляется поканально, поэтому заранее необходимо отметить только те каналы, которые соответствуют различным пунктам, чтобы далее в списке записей они фигурировали отдельно. Если, например, запись содержит однокомпонентные сейсмограммы, каждая из которых характеризует один пункт, то необходимо отметить галочкой все эти каналы. Если же одному пункту наблюдения на записи принадлежит

сразу несколько сейсмограмм (трехкомпонентные), то для правильного разделения необходимо отметить только один из каналов каждого такого пункта.

Разделение записей эквивалентно созданию ее копий, отличающихся только названием станции (новое имя станции формируется из имени станции, записанном в файле и имени отделяемого канала), и набором выделенных каналов (автоматически выделяется только один отделяемый канал). При разделении каналов в приложении создается только копия информационно-структурной единицы, соответствующей конкретной записи, при этом копирование файлов не производится.

Для разделения каналов необходимо в списке записей выделить нужные сейсмограммы, в списке каналов выделить галочкой разделяемые каналы (пункты наблюдения) и выбрать команду **Разделить каналы** непосредственно на вкладке **Исходные данные** или в меню **Сейсмограммы**.

**Примечание:** после разделения исходная запись остается в списке. Поскольку она не представляет важности для обработки, ее можно удалить.

#### 4.2.2.7. Сортировка записей

Для удобства работы список записей может быть отсортирован по 6 критериям: по имени файла, по имени пункта, по времени начала записи, по времени конца записи, по длительности всей записи, по длительности выбранной части записи. Для сортировки выберите соответствующий вариант в меню **Сейсмограммы/Сортировка** или в контекстном меню списка записей.

#### 4.2.2.8. Просмотр записи

Запись можно визуализировать в окне сейсмограмм. К просмотру записей можно приступить, дважды щелкнув левой кнопкой мыши на выбранной записи в списке либо нажав кнопку **Показать запись** на вкладке **Параметры записи**. При загрузке записи выполняется формирование полной сводки параметров файлов в папке, где расположен первый файл записи. Из этого списка выбираются только те файлы, которые имеют схожий идентификатор пункта и попадают в заданный временной интервал записи. Запись, состоящая из нескольких файлов формируется последовательно и непрерывно (без брешей) в порядке, определяемом временем старта каждого файла. Сформированный таким образом массив данных визуализируется в окне сейсмограмм. Стоит иметь в виду, что при наличии в папке данных большого количества файлов, сводка будет формироваться при открытии каждой новой записи, что может отнимать много времени. Такое не происходит только при повторной визуализации какой-либо записи. В целях сокращения времени загрузки записей рекомендуется использование [сжатых записей](#).

Способы навигации и виды операций, доступные при визуализации, описаны в главе [Окно сейсмограмм](#).

#### 4.2.2.9. Редактирование параметров записи

Идентификатор пункта	Время	Начало	Конец	Длительность	Оцифровка, Гц	<input type="checkbox"/> Событие
A1430	Общее	14.07.2008 7:38:09	14.07.2008 8:00:20	0:22:11	400.0	
	Выбранное	14.07.2008 7:40:21	14.07.2008 8:00:20	0:19:59		<input type="button" value="Показать запись"/>

**Параметры канала**

Компонента: **E**    Допустимая амплитуда: **5801**    Коэф. АЦП: **1000000000**

Файл с ЧХ датчика: [ ] \*    Файл с ЧХ усилителя: [ ] \*

Файл с ЧХ канала (датчик и усилитель): **C:\Work\Сочи\Аэропорт\EX04\_1516.rsp** [ ] \*

Выбрав одну или несколько записей в списке, можно осуществлять редактирование их свойств. Если выделено несколько записей, то вносимые изменения будут применены к каж-



дой из них. Групповое редактирование параметров возможно только для следующих элементов управления: **Идентификатор пункта**, список **Каналов** и поля редактирования параметров канала – **Компонента**, **Допустимая амплитуда** и все виды **Файлов с ЧХ**.

**Каналы.** Здесь отображается список каналов, имеющих в отмеченных записях. Каждому каналу можно установить флаг, указывающий на необходимость обработки данных, содержащихся в нем. Выделенный канал может быть переименован с помощью команды **Переименовать** из контекстного меню.

**Идентификатор пункта.** Данный параметр позволяет каждой записи присвоить уникальное имя пункта, где она была получена. При добавлении новых записей в проект имя пункта по умолчанию соответствует названию станции, хранящемуся в файлах. Метка поля имеет функциональную особенность – при двойном щелчке левой кнопки мыши (ДЩЛКМ) в буфер обмена будут скопированы все имена пунктов проекта. Содержимое буфера может быть вставлено в электронные таблицы или в файл в виде отдельной колонки данных.

**Время.** Параметр отображает время начала и конца выбранной записи (**Общее время**) или устанавливает время начала и конца участка записи, который предстоит подвергнуть обработке (**Выбранное время**).

Также для выбранной записи визуализируется ее **Длительность** (общая и длительность интервала для обработки) и частота **Оцифровки, Гц**.

Метки полей «**Начало**», «**Конец**», «**Оцифровка, Гц**» функциональны. При ДЩЛКМ над любой из них для выбранной записи будет предложено изменить соответствующую названию метки величину.

**Показать запись.** Нажатие этой кнопки позволяет отобразить запись и изменить некоторые параметры ее обработки. Более подробные сведения о работе в этом режиме изложены в главе [Выбор интервалов для обработки](#). Альтернативой кнопки является двойной щелчок левой кнопкой мыши на нужной записи в списке.

**Примечание:** если запись продолжительна, процесс ее загрузки может быть длительным, поэтому после нажатия кнопки ее назначение меняется, и кнопка имеет название **Остановить загрузку**. Нажатие кнопки в этом измененном состоянии приведет к прекращению загрузки. Аналогичный эффект получается при нажатии клавиши ESC на клавиатуре во время загрузки. Для снижения времени загрузки рекомендуется использовать сжатые записи (см. [Сжатие исходных данных](#)).

**Событие.** Флаг, указывающий, что данная запись (записи) является записью импульсного сейсмического явления, которое обрабатывать следует не так как записи микросейсмических шумов. Способ обработки записей определяется настройками, которые устанавливаются на вкладке **Обработка/Настройки** отдельно для событий и шумов.

**ЧХ.** Нажатие кнопки, название которой начинается на ЧХ, позволяет отобразить частотные характеристики, соответствующие выбранной записи. Можно визуализировать разные составляющие ЧХ, такие как ЧХ датчиков (**ЧХД**), ЧХ усилителей (**ЧХУ**), ЧХ каналов, включающих датчики и усилители (**ЧХК**), ЧХ трактов регистрации, состоящих из датчиков, усилителей и АЦП (**ЧХТ**).

#### 4.2.2.9.1. Установка параметров каналов

Установка параметров канала выполняется в группе элементов управления **Параметры канала**. В данной группе отображаются параметры того канала, который выделен в их списке.

**Компонента.** Установите направление колебаний, соответствующее выбранному каналу. По умолчанию все каналы имеют вертикальную ориентацию (Z).

**Допустимая амплитуда.** Установите максимальную амплитуду колебаний, которые можно рассматривать при обработке как «условно тихие». Именно для тех интервалов, в пределах которых амплитуда сигнала не превышает заданный уровень, будет вестись расчет спектров.

**Коэф. АЦП.** Нерадактируемое поле, отображающее коэффициент преобразования АЦП для текущего канала записи. Коэффициент имеет размерность  $[B^{-1}]$  (количество отсчетов АЦП на 1 Вольт). Как правило, это значение хранится в файле записи. Всегда имейте в виду этот коэффициент при подстановке файлов ЧХ. Однако, некоторые форматы исходных данных (SDAS, UGRA) изначально не содержат информации о нем, поэтому для таких файлов он может иметь отличные от 1 значения, то есть его необходимо учитывать. Метка поля **Коэф. АЦП** функциональна. При ДЦЛКМ для выбранной записи запрашивается новое значение оцифровки.

**Файл с ЧХ датчика.** Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ датчика, соответствующая выбранному каналу. Файл с ЧХ датчиков должен иметь специальный формат, описанный в главе [Формат записи частотных характеристик аппаратуры](#). Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ датчика, нажмите кнопку  \*, расположенную справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не задан параметр **Файл с ЧХ канала**. Метка поля **Файл с ЧХ датчика** функциональна. При ДЦЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

**Файл с ЧХ усилителя.** Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ усилителя, соответствующая выбранному каналу. Файл с ЧХ усилителя должен иметь специальный формат, описанный в главе [Формат записи частотных характеристик аппаратуры](#). Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ усилителя, нажмите кнопку  \*, расположенную справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не задан параметр **Файл с ЧХ канала**. Метка поля **Файл с ЧХ усилителя** функциональна. При ДЦЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

**Файл с ЧХ канала.** Задайте в данном поле имя файла, где содержится ЧХ выбранного канала (датчик и усилитель). Файл с ЧХ канала должен иметь специальный формат, описанный в главе [Формат записи частотных характеристик аппаратуры](#). Для того, чтобы всем каналам записи присвоить одно и тоже имя файла с ЧХ, нажмите кнопку  \*, расположенную справа от поля. Данное поле обязательно для заполнения, если не заданы параметры **Файл с ЧХ датчика** и **Файл с ЧХ усилителя**. Метка поля **Файл с ЧХ канала** функциональна. При ДЦЛКМ выбранному каналу присваивается единичная АЧХ, которую предлагается сохранить в появившемся диалоговом окне во внешний файл.

Для возможности расчета спектров необходимо обеспечить записи сведениями о ЧХ каналов. Если имеется ЧХ всего канала, ее обязательно следует указать в поле **Файл с ЧХ канала**. Однако при ее отсутствии ЧХ канала будет рассчитываться исходя из частотных характеристик, заданных для тандема «датчик и усилитель». Выберите способ задания ЧХ, который наиболее соответствует Вашему случаю. Если необходимые ЧХ не будут заданы, при попытке расчета спектров появится предупредительное сообщение, содержащее информацию о соответствующей записи.



Для случаев, когда используется одна и та же аппаратура для измерений в различных пунктах наблюдения, предусмотрен способ быстрой загрузки ее особенностей (АЧХ и ориентация компонент). Для сохранения особенностей какого либо набора аппаратуры, необходимо указать все необходимые файлы АЧХ и компоненты применительно к одной из записей, полученной этой аппаратурой. Эти настройки можно сохранить во внешнем INI-файле с помощью команды **ЧХ в**, доступной через меню **Сейсмограммы** или непосредственно через нажатие одноименной кнопки на вкладке **Исходные данные**. Для последующей загрузки настроек АЧХ и компонент в другие записи используйте команду **ЧХ из**, предварительно выделив их в списке записей.

#### 4.2.2.9.2. Выбор интервалов для обработки

Помимо ручного способа задания параметров, влияющих на выбор интервалов для обработки, процедуру выбора интервалов можно выполнить наглядно в специальном диалоговом окне, визуализирующем как сами сейсмограммы, так и интервалы для обработки. Способ навигации в окне описан в главе [Окно сейсмограмм](#).

В данном режиме можно задать следующие два вида интервалов:

- интервал для обработки,
- интервал с допустимым уровнем шума.

Для выбора интервала обработки нажмите кнопку **Выбор интервала обработки**. Нажатое состояние кнопки свидетельствует о том, что режим выбора интервала обработки включен. Чтобы установить начало интервала обработки щелкните левой кнопкой мыши на сейсмограмме в том месте, где это необходимо. Аналогично щелчком правой кнопки мыши установите конец интервала обработки. Используя кнопки  и , можно вернуть границы в исходное состояние – начало записи и ее конец, соответственно. Участок записи, оставшийся за пределами выбранного интервала будет отображаться темно-серым цветом. Для завершения работы в данном режиме нажмите кнопку **Выбор интервала обработки** еще раз.

Для выбора участка записи, который может выступать в качестве образца тихого, нажмите кнопку **Интервал с допустимым уровнем шума**. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, проведите курсором от начала до конца тихого интервала. Повторите процедуру выбора для другого участка записи, если это необходимо. Поиск тихих интервалов осуществляется согласно установленному в [настройках](#) способу **Сегментирования данных**. Участки записи, не отвечающие по уровню амплитуд, будут отображаться красным цветом. Выделение тихих интервалов сопровождается расчетом доли полезного времени в абсолютных (чч:мм:сс) и относительных (%) единицах, величина которой отображается над сейсмограммой, справа от кнопки с данной командой. Повторное нажатие кнопки отключает данный режим.

После установки интервала для обработки и интервала с допустимым уровнем шума нажмите **Ok**, чтобы диалоговое окно закрылось, а выбранные вами интервалы вступили в действие. Нажатие кнопки **Отмена** также приведет к закрытию диалогового окна, но текущие параметры интервалов использоваться не будут.

См. также:

[Настройки](#)

[Окно сейсмограмм](#)

#### 4.2.3. Структура данных проекта

Любой проект может использовать различные внешние данные, которые для удобства пользования и хранения организованы в папках и файлах определенной структуры.

**\$ResDir** – общая папка, используемая для размещения папки сжатых записей, папки спектров и папки проекта. Также для удобства здесь рекомендуется хранить все остальные используемые данные, имеющие отношение к проекту, такие как ЧХ каналов, растры топоосновы и сам файл проекта. Имя папки задается на вкладке **Обработка**.

**Spectra** – папка, используемая для хранения рассчитанных спектров.

**Primary** – папка для хранения спектров исходных записей. Описание структуры имени файлов спектров исходных записей см. в гл. [Формат файлов обычных спектров](#).

**Relative** – папка для хранения относительных спектров (обычных и по Накамуре).

Описание структуры имени файлов спектров исходных записей см. в гл. [Н/В спектры](#).

**\$PrjName.mnp** – имя файла-проекта. В файле хранятся все настройки, параметры обработки, ссылки на исходные записи, на папку с результатами и другие файлы, используемые в проекте.

**ZipData** – папка, используемая для хранения сжатых файлов исходных записей.

В файле проекта ссылки на все файлы и папки, если они располагаются за пределами папки *\$ResDir*, хранятся в абсолютном виде, а ресурсы внутри *\$ResDir* хранятся в виде относительных ссылок. Это значит, что при копировании проекта в другое место необходимо следить за целостностью созданной структуры данных, то есть переносу подлежат все внутренние папки и файлы, на которые имеются ссылки из проекта. Из них обязательному переносу подлежат папки *Spectra*, *\$PrjDir* и *ZipData*. Если эти папки не перенесены, то для доступа к ним необходимо сменить ссылку на папку с результатами в самом проекте.

Содержимое папки *ZipData* может быть использовано в других проектах. То же самое можно сказать и про папку *Spectra*, но при условии, что в другом проекте они не будут пересчитываться или могут пересчитываться, но с аналогичными параметрами.

### 4.3. Обработка данных

Обработка данных подразумевает наличие трехкомпонентных измерений микросейсмических колебаний. Расчеты сводятся к получению спектральных оценок микросейсмических колебаний. Амплитудные спектры являются исходным материалом для расчета поляризованных спектров (в способе Накамуры).

Вложенные страницы вкладки **Обработка** отражают необходимое содержание и последовательность обработки. Начинать работу следует с установки параметров расчетов спектров, которые желательно выдерживать постоянными для всех записей одного проекта. Далее можно переходить к проверке записей на идентичность и к собственно расчету спектров. После этого возможно получение относительных спектров, их комбинаций и спектров Накамуры. Готовые спектры и их относительные аналоги можно рассматривать совместно на одних графиках или трансформировать в приращения сейсмической интенсивности.

Все результаты обработки будут сохранены в папку *\$ResDir*, которую следует заранее указать в поле **Папка с результатами**.



#### 4.3.1. Настройки

Параметры, устанавливаемые во вкладке **Настройки**, имеют влияние только на расчет обычных спектров. В общих чертах суть каждого из них раскрыта ниже. Более подробные сведения о подходах и параметрах расчета можно найти в главе [Теоретически основы спектральных оценок](#).

Имеется возможность обработки двумя наборами настроек: для микросейсм и для импульсных событий. Записи импульсных событий (землетрясения, взрывы и т.п.) имеют небольшую длину, что принуждает использовать спектральные оценки Даниэля, как более адекватные ограниченному набору данных. При обработке микросейсм приходится иметь дело с длительными записями, для которых наиболее подходит спектральная оценка Бартлетта. Для получения более представительных спектров в первом случае желательно установить длительность записи для анализа максимально возможной, однако следует учитывать, что она не может превышать длину анализируемой записи или ее части, представляющей какой-то один тип волн. Таким образом, для импульсных событий настройки длительности сегмента данных могут быть индивидуальными для каждого события. В каждом конкретном случае эта длительность устанавливается при просмотре записи путем изменения временных рамок записи (см. [Выбор интервалов для обработки](#)).

Тип записей Для записей микросейсм

Преобразование Фурье  
 Обычное  Быстрое

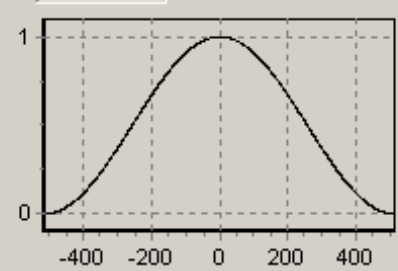
Тип спектра  
 Амплитудный  Мощности

Вид спектральной оценки  
 Даниэля  Бартлетта

Сегментирование данных  
 Длительность  
 Тишины, с 20.00 20.480  
 Помех, с 5

Заполнение до длины  $2^n$   
 Данными  Нулями

Параметры весовой функции  
 Вид функции  
Ханна, Хеннинга  
 Формула:  
 $w(i)=0.5*(1+\cos(\pi*i/N))$   
 $i=[-N..N]$   
 b = 6.0



Краевые эффекты  
 Гасить за пределами  
 Fmin, Гц 0.10  
 Fmax, Гц 100.0  
 Порядок 6

Выделение помех  
 Полосовая фильтрация  
 Fmin, Гц 0.10  
 Fmax, Гц 100.0  
 Порядок 6

Единицы на выходе  
 Исходные Сл Скорость

Восстановить по умолчанию

**Тип записей.** Поле для выбора набора редактируемых настроек. В системе имеется два набора настроек, один из которых используется для обработки записей микросейсм, а другой – для записей импульсных явлений. Выберите нужный набор настроек и отредактируйте их и в остальных полях. После этого выберите другой набор настроек и отредактируйте его.

**Преобразование Фурье.** Расчет спектров опирается на преобразование Фурье. Переключатель определяет, какую именно разновидность преобразования использовать. Обычное преобразование Фурье не предъявляет особых требований к длине окна с данными и может использоваться для небольших объемов обработки, поскольку значительно уступает быстрому преобразованию (БПФ) по скорости вычислений на длинных рядах данных. БПФ, в свою очередь, очень эффективно для длинных рядов, но требует, чтобы их длина была равна степени двойки.

**Тип спектра.** Выберите тип рассчитываемого спектра. Для расчета резонансных усилений грунтов следует использовать амплитудные спектры. При выборе спектров мощности, результаты расчета спектров будут записываться в файлы с другими именами. Отличие состоит в приставке *power*, содержащейся в начале имен файлов.

**Вид спектральной оценки.** Выберите вариант, наиболее соответствующий вашим данным. Для коротких записей, из которых можно взять только один небольшой кусок данных (несколько сотен и первые тысячи отсчетов) используйте оценку Даниэля. Способ Бартлетта, наоборот, эффективен для длинных рядов, когда запись возможно разбить на несколько сегментов с достаточным набором данных.

**Сегментирование данных.** Группа объединяет параметры, влияющие на отбор сегментов данных из исходной записи.

**Длительность тишины.** Параметр задает желаемую длину сегмента ( $T$ ) для расчета одиночного спектра. Количество данных в сегменте будет зависеть от частоты оцифровки ( $F_S$ ) и будет равно  $F_S T$ , если используется обычное преобразование Фурье, или будет увеличено до степени двойки ( $2^n$ ), если используется БПФ и не установлено заполнение нулями до длины  $2^n$ . Действительное значение длительности рассчитывается автоматически для каждого сочетания влияющих параметров и отображается справа от поля ввода. При использовании оценок Даниэля длина тишины параметр задает максимальную длину сегмента. Реальная длина будет определяться временными рамками конкретного сигнала.

**Длительность помех.** Параметр доступен при выборе спектральной оценки Бартлетта и устанавливает минимальную детектируемую длину участка записи с помехами. При выбо-

ре спектральной оценки Даниэля заменяется на **Объединять  $N$  значений**, где  $N$  – количество соседних отсчетов, сумма которых будет определять новое значение спектральной оценки.

**Заполнение до длины  $2^n$ .** При использовании БПФ имеется два способа формирования набора данных из сегмента. Первый способ предполагает расширение сегмента относительно указанной длины до длины, кратной степени двойки, при этом обеспечивается всецелое заполнение ряда данными сегмента. Во втором способе, если длина сегмента меньше ряда длиной  $2^n$ , то данные сегмента помещаются в центр окна БПФ, а оставшиеся с краев интервалы заполняются нулями.

**Параметры весовой функции.** Преобразование Фурье, используемое для расчета спектров, предполагает бесконечный ряд исходных данных, чего, на самом деле, никогда не бывает. Расчет спектра всегда ведется для конечного ряда данных, при этом спектральные оценки бывают искажены относительно реальных (энергия каждой гармоники как бы размазана по соседним). Приблизить расчетные значения спектральных амплитуд к реальным возможно, если использовать оконные функции, снижающие амплитуду исходного сигнала от центра окна к его краям. Данная группа параметров позволяет задать весовую функцию, применяемую к сегменту и увидеть ее выражение для расчета весовых коэффициентов и график.

**Вид функции.** Выберите вид весовой функции. Имеется возможность использовать различные варианты оконных функций, такие как прямоугольник, треугольник (Бартлетта), косинусная функция (Ханна, Хеннинга, Хемминга) и другие. Изменение весов со временем (по отсчетам), соответствующих выбранной функции, рассчитывается согласно приведенному ниже выражению (**формула**) и отображается на графике ниже.

**В.** Параметр весовой функции. Используется в окне Лапласа-Гаусса, Кайзера-Бесселя и в колокольной функции. В последнем случае значение параметра имеет смысл процентной доли набора данных, которые не будут подвержены косинусному затуханию на краях окна. При  $b=0$  колокольная функция совпадает функцией Ханна, при  $b=100$  колокольная функция становится прямоугольником.

**Краевые эффекты.** В виду ограниченности рабочего частотного диапазона аппаратуры существует некоторая погрешность определения ее характеристик за пределами рабочего диапазона. Неточность определения ЧХ в этих частях спектра отражается и на соответствующих значениях спектральных амплитуд регистрируемых колебаний. Чтобы спектры имели представительный вид только в пределах рабочего диапазона частот, при расчетах может осуществляться их домножение на дополнительный полосовой фильтр, гасящий неправдоподобно сильные колебания за пределами рабочего диапазона. Использовать или нет такой фильтр определяется флагом **Гасить за пределами**. Параметры фильтра задаются его граничными частотами  **$F_{min}$ ,  $F_{max}$**  и **Порядком**.

**Выделение помех.** Широкополосные данные могут содержать очень низкочастотные колебания, которые могут быть сопоставимы по амплитуде с помехами. Во избежание удаления полезных интервалов из обработки, при сегментировании данных можно использовать только ту часть спектра, в которой присутствуют ненужные помехи. Использовать или нет такой фильтр определяется флагом **Полосовая фильтрация**. Параметры фильтра задаются его граничными частотами  **$F_{min}$ ,  $F_{max}$**  и **Порядком**. При включении фильтрации волновые формы отображаются только в заданном диапазоне частот, но при дальнейшей обработке этот фильтр не используется.

**Единицы на выходе.** Выберите множитель, который следует применить к спектральным оценкам, чтобы получить желаемые единицы измерения на выходе. Можно установить исходные единицы измерения (Исходные СИ), при этом коэффициент равен 1. Можно перейти к более мелким единицам измерения, определяемыми таким приставками как санти- ( $10^{-2}$ ), милли- ( $10^{-3}$ ), микро- ( $10^{-6}$ ) и нано- ( $10^{-9}$ ). Также выберите измеряемую величину на выходе (ускорение, скорость или смещение). Предполагается, что входной величиной является **скорость смещений**. Соответственно при выборе ускорений записи будут дифференцироваться, при выборе смещений – интегрироваться.

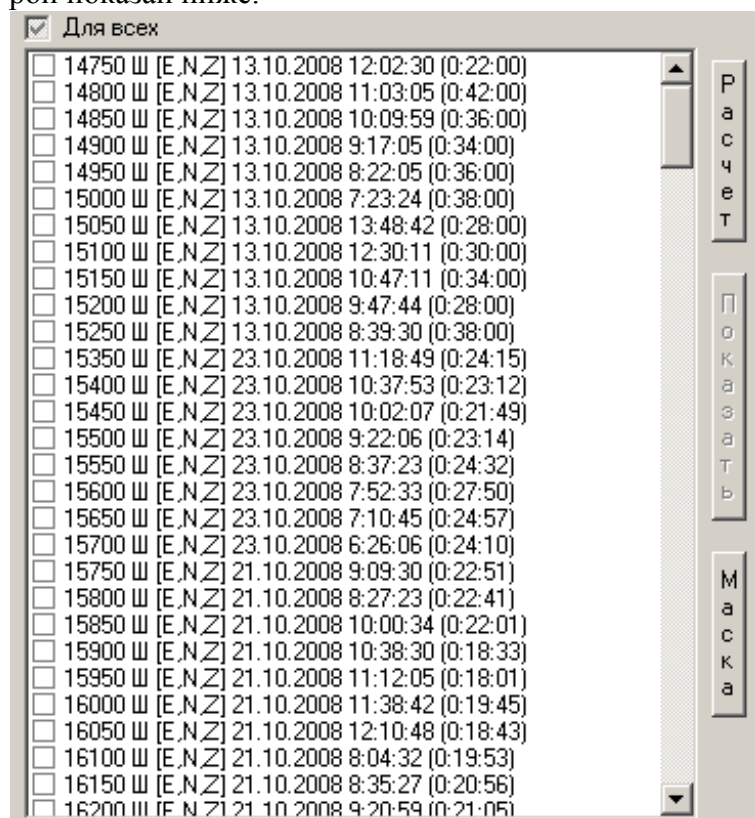
**Восстановить по умолчанию.** Кнопка задает параметры по умолчанию для текущего набора настроек, указанного в поле **Тип записей**.

## 4.3.2. Расчет спектров

В системе реализован расчет двух видов спектров: обычные и H/V-спектры.

### 4.3.2.1. Обычные спектры

Обычные спектры – спектры, которые получаются непосредственно из исходных записей. Списки обычных спектров отображаются на вкладке **Обычные спектры**, пример которой показан ниже.



#### 4.3.2.1.1. Формат файлов обычных спектров

Этот вариант спектров использует в качестве данных весь доступный временной интервал исходных записей – интервал, указанный на вкладке **Параметры записей**. Список этих спектров показан в левой части вкладки **Обычные спектры**. Пример записи спектра в списке показан ниже.

*E00 Ш [E,N,Z] 14.07.2008 6:38:27 (6:40:44)*

Здесь

*E00* имя пункта наблюдения;

*Ш* символ принадлежности записи к микросейсмическим шумам (Ш) или импульсным событиям (С);

*[E,N,Z]* список доступных компонент записи;

*14.07.2008* дата начала записи;

*6:38:27* время начала записи;

*(6:40:44)* длительность записи.

Расчет спектров может выполняться как массово, так и отдельно для каждого элемента списка. В первом случае расчет выполняется нажатием кнопки **Расчет**, расположенной справа от списка. Во внимание принимаются только те записи, которые отмечены флагами. Расчет отдельного спектра не зависимо от того, отмечен он флагом или нет, осуществляется с помощью команды **Расчет текущего спектра** из контекстного меню.

**Примечание.** Массовый расчет спектров может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки **Расчет** она меняет свое назначение и название. Повторное нажатие на кнопку с измененным названием (**Стоп**) во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием во время расчета клавиши ESC на клавиатуре.

Файлы со спектрами микросейсмических шумов помещаются в подпапку Spectra\Primary, со спектрами импульсных событий – в подпапку Events\Primary. Файлы амплитудных спектров имеют следующий формат имени: *prim\_Name\_yymmdd-hhmmss.dat*, где *Name* – идентификатор пункта, *yymmdd* – дата начала выбранного интервала записи, *hhmmss* – время начала выбранного интервала записи. Файлы спектров мощности имеют дополнительную приставку в имени *power\_*.

**Маска.** Команда позволяет задать текстовую строку, которая будет рассматриваться как критерий отметки флагом элемента списка. Если в названии элемента списка строка содержится, он будет отмечен флагом. Возможно повторное использование команды с другой маской, при этом результаты предыдущего выделения остаются неизменными.

**Примечание:** Функция чувствительна к регистру буквенных символов.

#### 4.3.2.1.2. Просмотр обычных спектров

Рассчитанные спектры можно просмотреть, выбрав нужный спектр в одном из списков и нажав кнопку **Показать**. Также загрузить спектры для просмотра можно двойным щелчком левой кнопки мыши на нужном элементе списка. После этого появится [окно с графиками](#) спектров выбранной записи (сплошные линии), совмещенных с графиками стандартных отклонений (точки).

Графики спектров и соответствующих им стандартные отклонения показаны одинаковыми цветами. Первыми на графике всегда представлены спектры горизонтальных колебаний (EW – красный, NS – синий). Если на записи присутствует несколько горизонтальных и однонаправленных каналов, то выбираются только первые из них. Если на сейсмограмме записи горизонтальных колебаний отсутствуют, их спектры в файле все равно будут присутствовать, но иметь нулевые значения на всех частотах. Далее черным цветом отображается вертикальная компонента (первая, если вертикальных каналов несколько), за которой следуют остальные каналы по порядку (без учета компонент), которым соответствуют другие цвета. Список каналов представлен в левой части окна, где можно флагами включать и отключать их визуализацию. Отключите в списке «нулевые» или другие графики, если они мешают визуализации остальных нужных спектров. Панель со списком каналов может менять горизонтальный размер с помощью мыши.

При просмотре спектров мощности на графике дополнительно можно отобразить нижний (*NLNM*) и верхний (*NHNM*) пределы модели шумов Петерсона. В зависимости от того, какие единицы измерения (ускорение скорость, смещение) указаны на вкладке **Обработка/Настройки**, шумы Петерсона будут приведены им в соответствие. Другие особенности работы в окне описаны в главе [Окно графиков](#).

При необходимости просмотра большого количества спектров удобно пользоваться кнопками **Предыдущий** и **Следующий**, позволяющих загружать спектры из списка по порядку, двигаясь, соответственно, назад и вперед.

См. также:

[Окно графиков](#)

#### 4.3.2.2. H/V-спектры

##### 4.3.2.2.1. Формат файлов спектров Накамуры

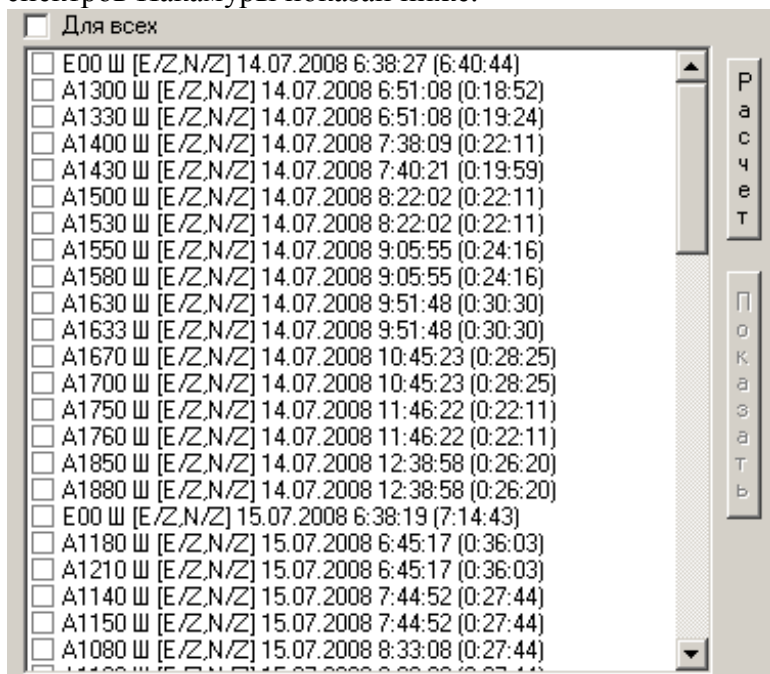
Спектры Накамуры (поляризационные спектры) являются еще одним видом относительных спектров, которые в отличие от других опираются на абсолютные спектры записей, полученных только в одном пункте. Процедура расчета спектров Накамуры использует в качестве исходных данных абсолютные спектры трехкомпонентных записей.



Вариантов поляризационных спектров имеется столько же, сколько вариантов обычных спектров. Список спектров Накамуры, опирающихся на спектры полных исходных записей, расположен в левой части вкладки **Спектры Накамуры**. Список спектров Накамуры, опирающихся на спектры синхронных исходных записей, расположен в правой части этой же вкладки.

Массовый расчет поляризационных спектров выполняется при нажатии кнопки **Расчет**, расположенной справа от каждого списка. В расчете принимают участие только те элементы списка, которые отмечены флагами. Расчет отдельных спектров доступен из контекстного меню. Для оперативности смены состояния флагов над списком имеется выключатель **Для всех**, позволяющий менять состояние сразу всех элементов списка. Также доступна команда **Маска**, которая действует так же как аналогичная команда для [обычных спектров](#).

Результатами расчетов являются три новых спектра. Первый из них представляет собой отношение горизонтальной компоненты  $E$  к вертикальной  $Z$  ( $E/Z$ ), второй – отношение горизонтальной компоненты  $N$  к вертикальной  $Z$  ( $N/Z$ ), третий – среднее значение первого и второго случаев ( $H/Z$ ). При отсутствии нужных трехкомпонентных исходных данных значениям спектров Накамуры присваиваются единичные значения для всех частот. Пример списков спектров Накамуры показан ниже.



Пример записи спектра Накамуры в списке:  
*E00 Ш [E/Z,N/Z] 14.07.2008 6:38:27 (6:40:44)*

Здесь

*E00* имя пункта наблюдения;

*Ш* символ принадлежности записи к микросейсмическим шумам (Ш) или импульсным событиям (С);

*[E/Z,N/Z]* список доступных отношений компонент записи;

*14.07.2008* дата начала записи;

*6:51:08* время начала записи;

*(6:40:44)* длительность записи.

Файлы со спектрами Накамуры для записей микросейсмических шумов помещаются в подпапку Spectra\Nakamura, для записей событий – в подпапку Events\Nakamura. Файлы имеют формат имени *nak\_Name*, где *Name* – имя соответствующего исходного спектра (для всей записи или ее синхронной части), чей формат описан в главах [Формат файлов обычных спектров](#). Расчет спектров Накамуры ведется только из амплитудных спектров.

**Примечание.** Массовый расчет спектров Накамуры может занимать длительное время, поэтому после нажатия кнопки **Расчет** она меняет свое назначение, а ее название становится

**Стоп.** Нажатие на кнопку во время расчета приведет к останову расчетов. Аналогичный эффект достигается нажатием клавиши ESC на клавиатуре во время расчета.

#### 4.3.2.2. Просмотр спектров Накамуры

Рассчитанные поляризационные спектры можно просмотреть, выбрав нужный спектр в одном из списков и нажав кнопку **Показать**. Также загрузить спектры для просмотра можно двойным щелчком левой кнопки мыши на нужном элементе списка. После этого появится окно с графиками соответствующих спектров (сплошные линии), совмещенных с графиками их стандартных отклонений (точки).

Графики спектров и соответствующих им стандартные отклонения показаны одинаковыми цветами. На графике представлены три поляризационных спектра: E/Z – красный, N/Z – синий и H/Z – черный. Список имеющихся каналов представлен в левой части окна, где можно флагами включать и отключать их визуализацию. Другие особенности работы в окне описаны в главе [Окно графиков](#).

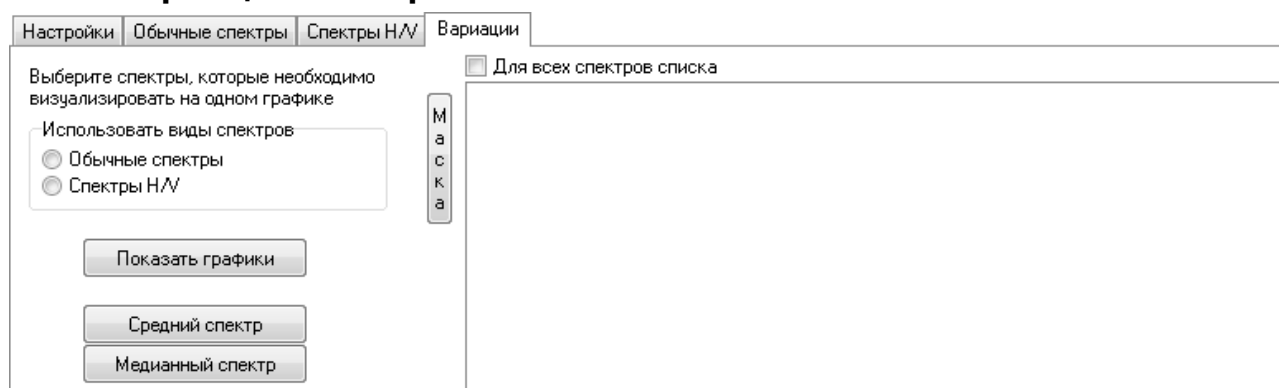
Просмотр поляризационных спектров является обязательным этапом обработки, поскольку в этом режиме не только визуально оценивается качество материала, но и делается выбор элементов спектра, используемых для дальнейшей обработки (составление сводных таблиц). Выбор, какой из спектров будет использоваться в дальнейшем, задается элементом управления **Выбрать**.

Используйте кнопки **Предыдущий** и **Следующий** так же, как и при [просмотре обычных спектров](#).

См. также:

[Окно графиков](#)

#### 4.3.3. Вариации спектров



Для того, чтобы оценить изменчивость спектров во времени или пространстве, во вкладке **Вариации** имеется возможность составить необходимый набор данных для совместной визуализации. Изначально список файлов для визуализации (в правой части вкладки) пуст, но его можно быстро сформировать, указав в группе параметров **Использовать виды спектров** тип спектров (**Обычные** или **H/V спектры**). Какие именно файлы будут загружены в общий график, следует отметить флагами в списке. Массовое включение или отключение флагов можно выполнять с помощью выключателя **Для всех спектров списка**. Кнопка **Маска** также облегчает массовое выделение нужных спектров в списке.

Нажатие кнопки **Показать графики** позволяет отобразить выбранные графики на одной координатной сетке (частота-амплитуда). Работа в появившемся окне описана в главе [Окно графиков](#).

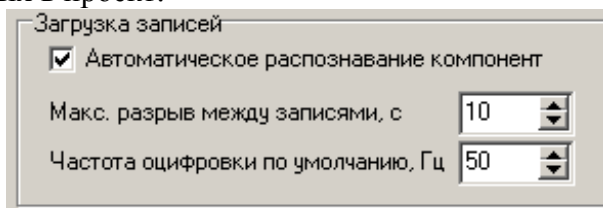
Кнопка **Средний спектр** позволяет рассчитать средний спектр по выбранной совокупности спектров и отобразить его в окне графиков вместе с величинами стандартных отклонений.

Аналогично работает кнопка **Медианный спектр**, которая после расчета отображает в окне графиков медианный спектр. При расчете медианного спектра вместо стандартных отклонений оценивается размах исходных значений.

## 4.4. Дополнительные настройки

Все дополнительные настройки приложения выполняются на вкладке **Настройки**. Всего на вкладке представлена группа настроек **Загрузка записей**.

**Загрузка записей** – группа настроек, влияющих на характер добавления исходных данных в проект.



**Автоматическое распознавание компонент.** Флаг, влияющий на распознавание компонент каналов записи при ее добавлении в проект. Если флаг включен, то при добавлении файла будет выполняться проверка имен его каналов на наличие в них символов-идентификаторов компонент, которые могут указывать их ориентацию на восток («e» или «E»), север («n» или «N») и вертикально вверх («z» или «Z»). Если в имени канала будет встречаться два или более символов-идентификатора, то во внимание будет приниматься только первый из них. При отсутствии символов-идентификатора в имени канала, а также при отключении флага распознавания все каналы будут устанавливаться как вертикальные.

**Макс. разрыв между записями, с.** Укажите допустимую величину разрыва между записями, по которой будет определяться необходимость объединения файлов в одну запись. Если разрыв между одной из загруженных в проект записью и добавляемой меньше указанного порога, то эти две записи будут считаться как непрерывные и будут объединены. Объединенная запись получит имя раннего файла, а их длительность просуммируется. Объединяться могут только записи, имеющие один и тот же идентификатор пункта, одинаковую частоту оцифровки и одинаковый набор каналов.

**Частота оцифровки по умолчанию, Гц.** Задайте частоту оцифровки для тех файлов, в которых она явно не содержится. Частота оцифровки по умолчанию актуальна для файлов в формате UGRA.

## 5. Приложения

### 5.1. Используемые форматы записи данных проекта

#### 5.1.1. Форматы записи частотных характеристик аппаратуры

Приложением распознаются два формата ЧХ аппаратуры. Оба формата используют аналитический способ записи ЧХ через нули и полюсы.

##### 5.1.1.1. Формат SAC (PAZ)

Пример записи поля	Комментарии
ZEROS 3	количество нулей
0 0	1-й нуль (если значение равно (0; 0), то его можно опустить)
0 0	2-й нуль
0 0	3-й нуль
POLES 4	количество полюсов
0 0	1-й полюс (если значение равно (0; 0), то его можно опустить)
0 0	2-й полюс
0 0	3-й полюс
0 0	4-й полюс
CONSTANT 1e-11	множитель ЧХ

Примечание: Формат не содержит данных о единицах измерения, поэтому пользователю необходимо самостоятельно проконтролировать правомерность использования ЧХ в каждом конкретном случае

##### 5.1.1.2. Формат RSP

При записи данных используется структура INI-файла с секциями. Первая секция содержит общие сведения об аппаратуре.

```
[DEVICE]
Serial           = 1514
Model           = CM3-KB
Note            =
Date            = 2008.03.05
Response in units = m/s
Response out units = V
Transfer function type = F
                (F – FAP, то есть набор точек [частота, амплитуда и фаза];
                S – полюсы и нули на S-плоскости;
                C – каскад полиномов произвольного порядка;
                B – каскад полиномов 2-го порядка)
ZP available     = True; присутствие в файле ЧХ, заданной полюсами и нулями
FAP available    = True; присутствие ЧХ, заданной частотой, амплитудой и фазой
BiCascade available = False; присутствие ЧХ, заданной каскадом полиномов 2-го порядка
Cascade available = False; присутствие ЧХ, заданной каскадом полиномов
```

Вторая секция зависит от параметра Transfer function type:

для Transfer function type = F

[FAP] набор точек, описывающих ЧХ

0.214 9372.360 0.000; частота [Гц], амплитуда [Response out units/ Response in units],  
фаза [радианы]  
0.340 27104.979 0.000  
0.488 55571.849 0.000  
0.976 89802.471 0.000  
1.997 85485.914 0.000

для Transfer function type = S

[ZP] описание ЧХ полюсами и нулями

Normalization type = 0; 0 – нет нормализации (в полосе пропускания АЧХ = 1)  
1 – АЧХ = *Normalization value* на частоте *Normalization frequency*  
2 – АЧХ умножается на *Normalization factor*  
Normalization value = 1; значение АЧХ на частоте *Normalization frequency*  
(только для *Normalization type* = 1)  
Normalization frequency = 1; частота нормализации где АЧХ = *Normalization value*  
(только для *Normalization type* = 1)  
Normalization factor = 1; множитель АЧХ (только для *Normalization type* = 2)  
Number of zeroes = 1; количество нулей  
Number of poles = 2; количество полюсов

[ZEROES] список нулей

0 0; вещественная и мнимая части нуля АЧХ

[POLES] список полюсов

0 0; вещественная и мнимая части полюса АЧХ

0 0

для Transfer function type = C или B

[CASCADE] описание каскадной ЧХ

Number of sections = 3 ; количество секций в каскаде  
Order01=2 ; порядок полинома 1-й секции каскада  
Order02=1 ; порядок полинома 2-й секции каскада  
Order03=n ; порядок полинома 3-й секции каскада

[SECTION01] пример описания секции с коэффициентами полинома 2-го порядка

1.2 1.3 1 ; коэффициенты числителя b0, b1 и b2  
75 4.1 ; коэффициенты знаменателя a1, a2 (a0 не задается, так как всегда =1)

[SECTION02] пример описания секции с коэффициентами полинома 1-го порядка

1.3 1 ; коэффициенты числителя b0 и b1  
7.5 ; коэффициент знаменателя a1

[SECTION03] пример описания секции с коэффициентами полинома n-го порядка

b[0] b[1] b[2] ... b[n-1] b[n] ; коэффициенты числителя  
a[1] a[2] a[3] ... a[n] ; коэффициенты знаменателя

Если количество коэффициентов в числителе и знаменателе разное, то n = наибольшему количеству, а для меньшего ряда коэффициентов принимают дополнительные коэффициенты равными 0.

### **5.1.1.3. Формат FAP**

Простой формат для хранения ЧХ в виде точек спектра. Первая строка файла содержит количество строк загружаемой ЧХ, далее идут сами данные ЧХ (2 или 3 колонки). В первой колонке содержится частота, во второй – амплитуда, в третьей (если присутствует) – фаза в радианах. Ниже приведен пример содержимого файла в формате FAP.

```
3
0.100000 0.227291
0.101746 0.215813
0.103523 0.204915
```

### **5.1.1.4. Форматы SEED и GSE**

Система позволяет загружать ЧХ, заданные полюсами и нулями в форматах SEED (version 2.4, только в ASCII варианте) и GSE (version 2.1). Поскольку форматы позволяют хранить историю изменения ЧХ аппаратуры, во внимание принимается только последняя (текущая) запись. Подробности представления ЧХ в данных форматах представлены в соответствующей документации.

## 6. Литература

Канасевич Э.Р. Анализ временных последовательностей в геофизике. М.: Недра, 1985. 400 с.

Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. М.: «Советское радио», 1980. 224 с.

Хованова Н.А., Хованов И.А. Методы анализа временных рядов. [http://chaos.ssu.runnet.ru/kafedra/edu\\_work/textbook/khovanovs-01/pos.html](http://chaos.ssu.runnet.ru/kafedra/edu_work/textbook/khovanovs-01/pos.html)

Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. Numerical recipes in C: the art of scientific computing. Cambridge University Press, 1992. 994 p.

Nakamura Y.A. Method for dynamic characteristics estimation of subsurface using micro-tremor on the ground [Текст] / Y.A. Nakamura // QR RTRI. 1989. Vol. 30. P. 25-33.

Формат CSS v3.0. <http://www.ceme.gsras.ru/software/WSG/DOC/CSSv30/CSS-v30.doc>

Güralp Compressed Format (GCF) Quick Reference  
<http://www.guralp.com/articles/20060404-howto-gcfformat>

Provisional GSE 2.1. Message Formats & Protocols. GSETT-3, 1997. 132 p.

SEED reference manual. Standard for the Exchange of Earthquake Data. SEED Format Version 2.4 / IFDSN, IRIS, USGS, 2010. 212 p.

130 recording format specification. Refraction technology, Inc, 42 p.