

Имитация КВ радиоканалов

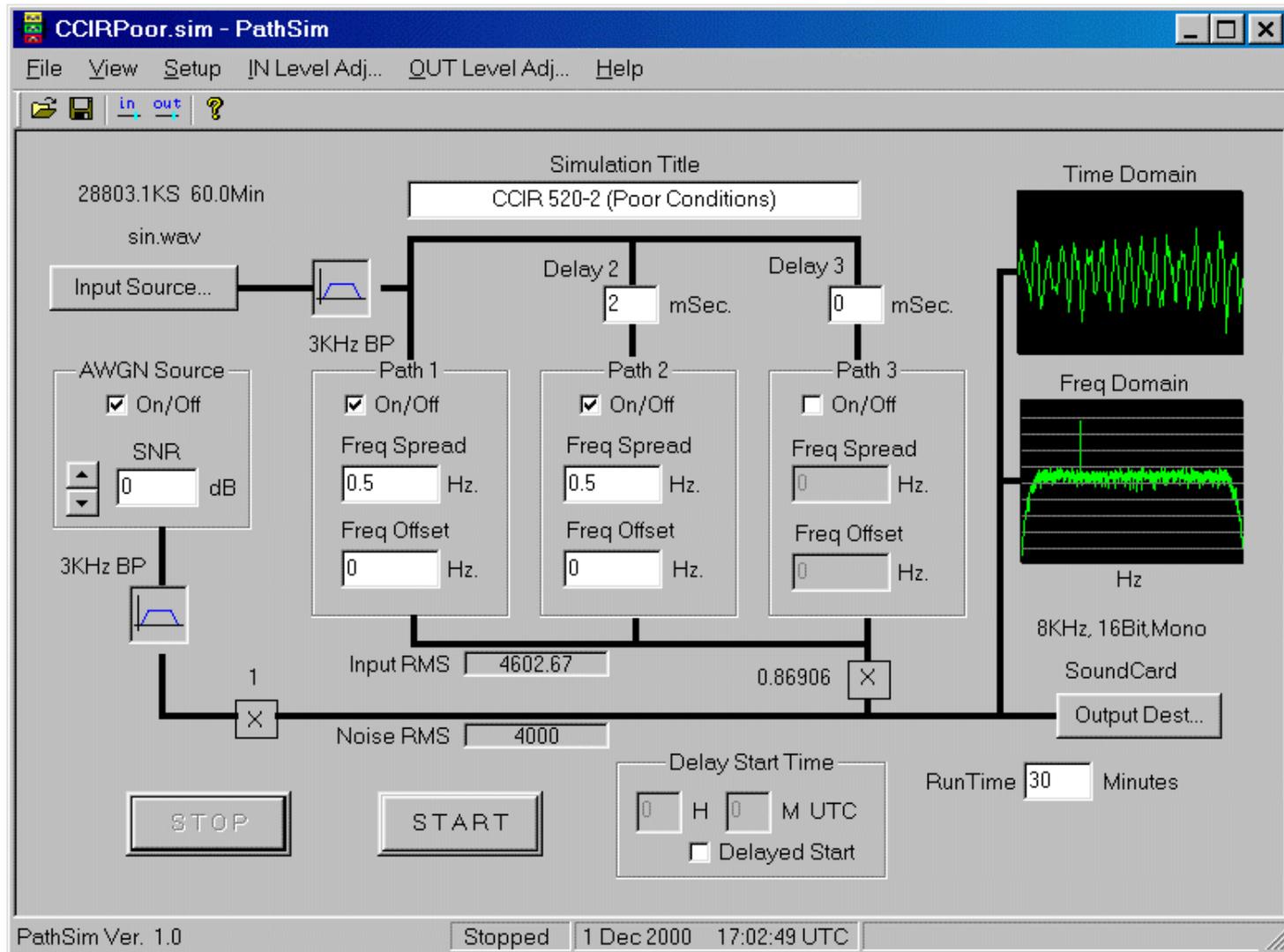
Назначение

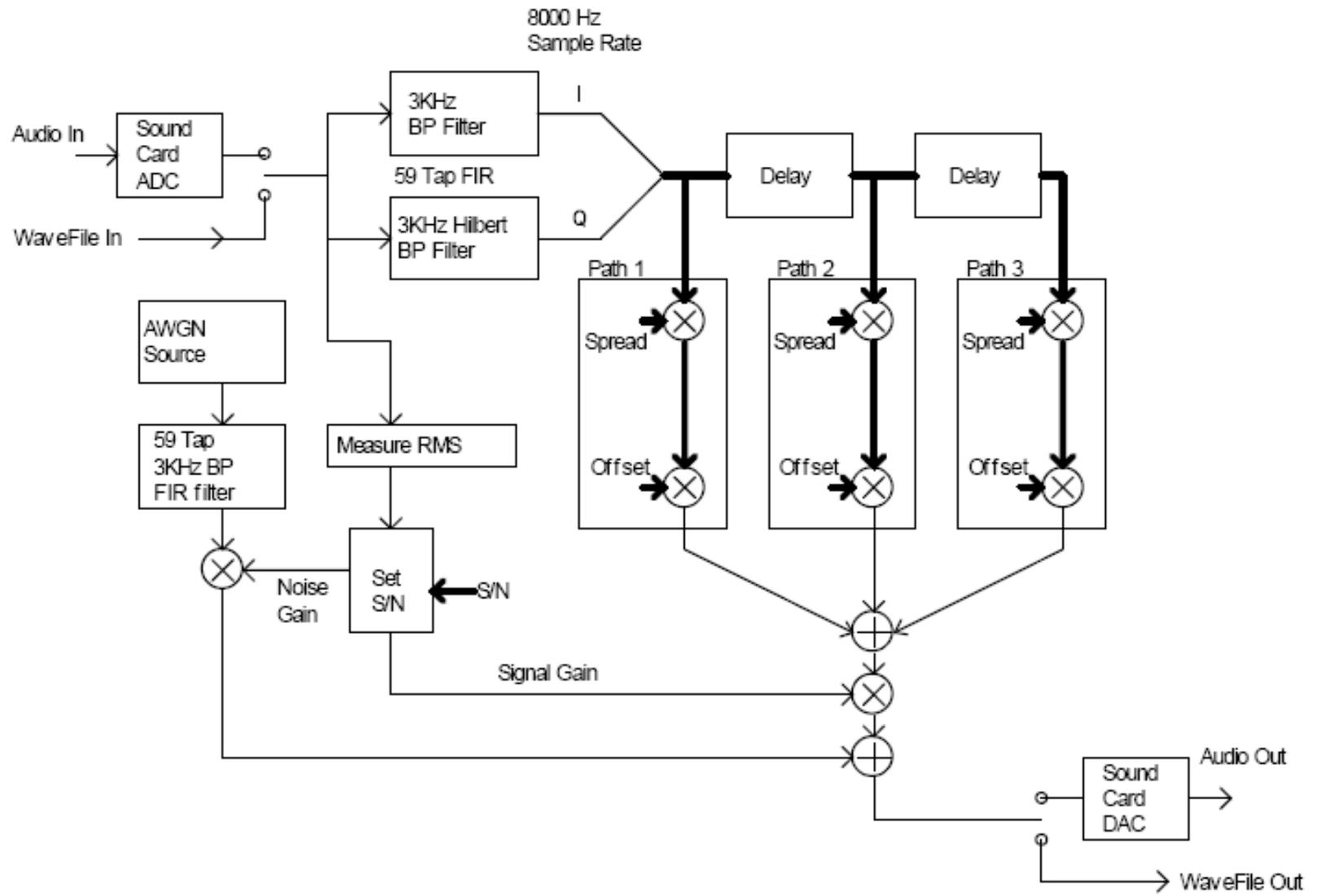
Программный продукт , предназначенный для исследования явлений, влияющих на надёжность передачи сообщений.

Позволяет проводить натурные исследования свойств и алгоритмов функционирования приёмно-передающей аппаратуры.

Позволяет научно обосновывать выбираемые технические решения, существенно сокращать время опытно-конструкторских работ, повышать качество этих работ и уменьшать время на проведение испытаний

Известные примеры симуляторов КВ каналов





Function Block Parameters: Multipath Rayleigh Fading Channel [X]

Multipath Rayleigh Fading Channel (mask) (link)

Apply a multipath Rayleigh fading channel model for complex baseband signals.

The number of paths equals the length of the 'Discrete path delay vector' parameter.

You can check the box "Open channel visualization at start of simulation" to enable the channel visualization.

Parameters

Maximum Doppler shift (Hz):

Doppler spectrum type:

Discrete path delay vector (s):

Average path gain vector (dB):

Normalize gain vector to 0 dB overall gain

Initial seed:

Open channel visualization at start of simulation

Complex path gains port

Channel filter delay port

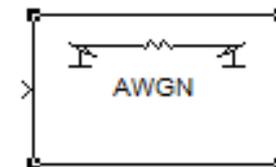
OK Cancel Help Apply



Multipath Rayleigh Fading Channel



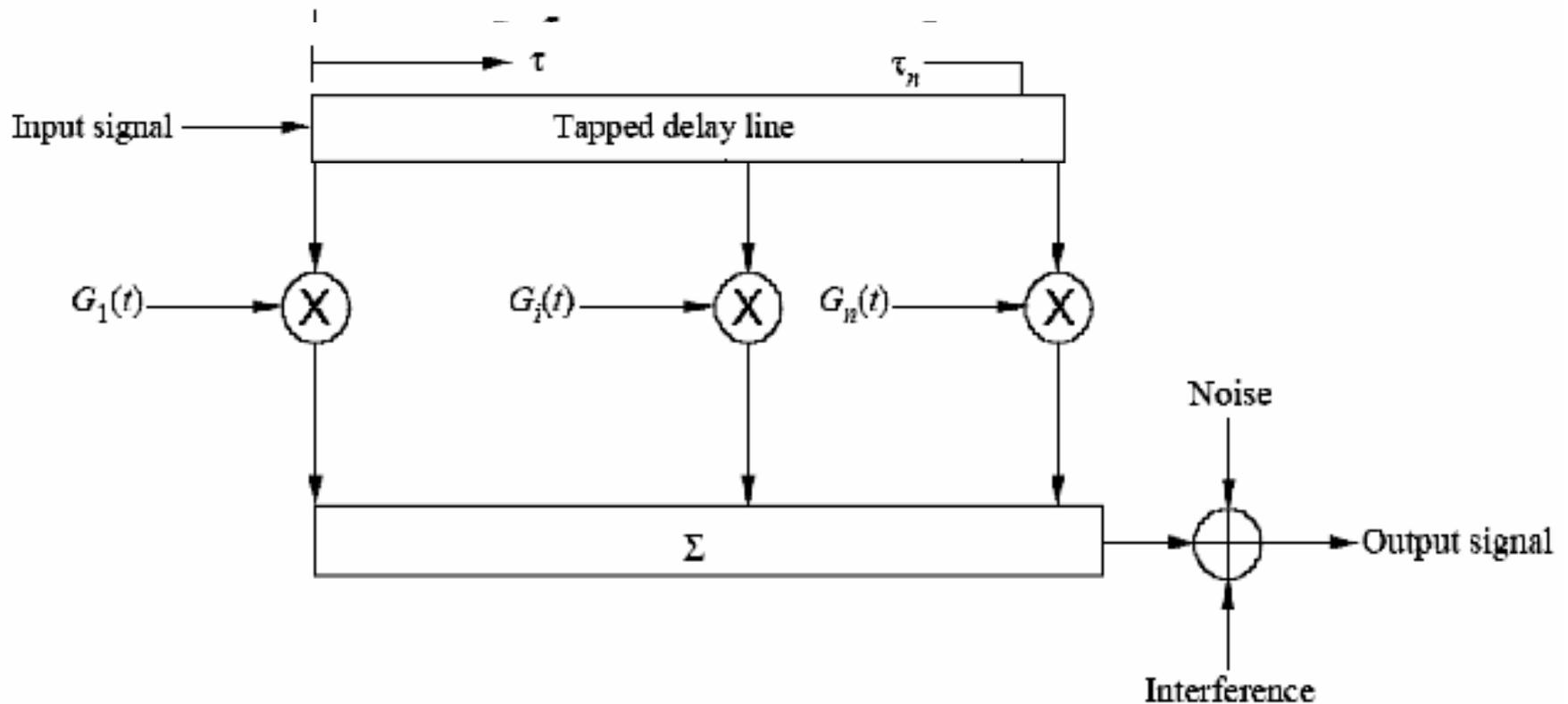
Multipath Rayleigh Fading Channel



AWGN Channel

Channel model	Profile
it_ur_HFLQ	Low latitudes, Quiet conditions
it_ur_HFLM	Low latitudes, Moderate conditions
it_ur_HFLD	Low latitudes, Disturbed conditions
it_ur_HFMQ	Medium latitudes, Quiet conditions
it_ur_HFMM	Medium latitudes, Moderate conditions
it_ur_HFMD	Medium latitudes, Disturbed conditions
it_ur_HFMDV	Medium latitudes, Disturbed conditions near vertical incidence
it_ur_HFHQ	High latitudes, Quiet conditions
it_ur_HFHM	High latitudes, Moderate conditions
it_ur_HFHD	High latitudes, Disturbed conditions

Схема модели Ватерсона



Функции $G_i(t)$ задаются следующим образом:

$$G_i(t) = G_{ia}(t) \exp(j2\pi\nu_{ia}t) + G_{ib}(t) \exp(j2\pi\nu_{ib}t)$$

Интерфейс имитатора

untitled

Имитатор КВ канала

© ОНИИП

K_ослаб. (дБ)	№	Время задержки	a/b	Доплер	Частотное рассеяние	Амплитуда
1	1	0	a) 1 b) 1	1	1.0	0.5
	<input checked="" type="checkbox"/> 1-ый отобразить					
	2	0.002	a) 1 b) 1	1	1.0	0.5
	<input checked="" type="checkbox"/> 2-ой отобразить					
	3	0	a) 0 b) 0	0	0.1	0
	<input type="checkbox"/> 3-ий отобразить					

Графики

A G
 V f

D:\1\Clear.wav

Время: 25 c Fs: 11025 Гц

Пуск
Воспр. 1
Воспр. 2
Пауза

c wav

Помехи

Функция передачи 1-го луча

Функция передачи 2-го луча

Функция передачи 3-го луча

Проблемы

- Как происходит широтное деление ионосферы?
- Как формировать передаточную функцию?
- Какие помехи учитывать?

Основные параметры

- Ослабления компонент A_{ia} и A_{ib}
- Частотные рассеяния $2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$
- Частоты доплеровского смещения v_{ia} и v_{ib}
- Дифференциальная задержка по времени t_{ia} и t_{ib}
- Число лучей

Рекомендуемые значения параметров согласно рекомендации ITU-R F.1487

- Низкие широты:
- *Спокойное состояние*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **0,5 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **0,5 Гц**.
- *Умеренные возмущения*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **2 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **1,5 Гц**.
- *Сильные возмущения*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **6 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **10 Гц**.

Рекомендуемые значения параметров согласно рекомендации ITU-R F.1487

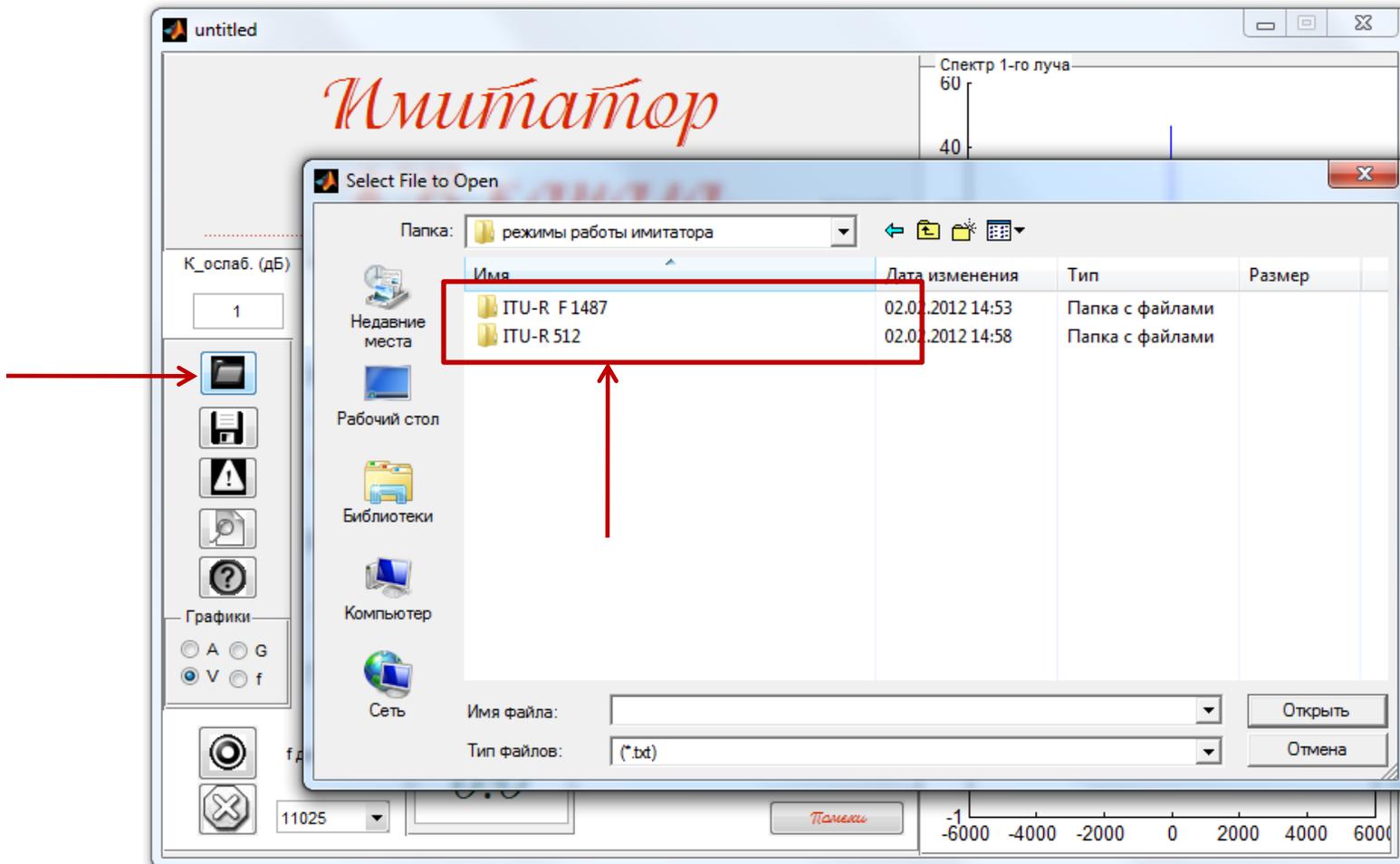
- Средние широты:
- *Спокойное состояние*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **0,5 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **0,1 Гц**.
- *Умеренные возмущения*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **1 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **0,5 Гц**.
- *Сильные возмущения*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **2 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **1 Гц**.
- *Короткие радиолинии (без учёта земной волны)*
- дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **7 мс**;
- частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **1 Гц**.

Рекомендуемые значения параметров согласно рекомендации ITU-R F.1487

- Высокие широты:
- *Спокойное состояние*
 - дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **1,0 мс**;
 - частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **0,5 Гц**.
- *Умеренные возмущения*
 - дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **3 мс**;
 - частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **10 Гц**.
- *Сильные возмущения*
 - дифференциальная задержка по времени (τ_{ia} , τ_{ib}): **7 мс**;
 - частотное рассеяние ($2\sigma_{ia}$ и $2\sigma_{ib}$): **30 Гц**.

Рекомендуемые значения параметров согласно рекомендации ITU-R F.1487

- Выбор параметров в имитаторе



Широтное деление ионосферы

- **Низкоширотная ионосфера** – географическая ионосфера в широтах приблизительно $\pm 30^\circ$ геомагнитного экватора.

- **Среднеширотная ионосфера** – ионосфера лежащая в пределах примерно от 30° до 55° геомагнитной широты.

$$\cos \Theta = \cos \theta_0 \cos \theta + \sin \theta_0 \sin \theta \cos(\lambda - \lambda_0),$$

- **Высокоширотная ионосфера** – ионосфера, лежащая выше 55° геомагнитной широты.

$$\cos \Lambda = [-\sin \theta_0 \cos \theta + \cos \theta_0 \sin \theta \cos(\lambda - \lambda_0)] / \sin \Theta,$$

$$\cos \theta = \cos \theta_0 \cos \Theta - \sin \theta_0 \sin \Theta \cos \Lambda,$$

$$\cos(\lambda - \lambda_0) = [\sin \theta_0 \cos \Theta + \cos \theta_0 \sin \Theta \cos \Lambda] / \sin \theta,$$

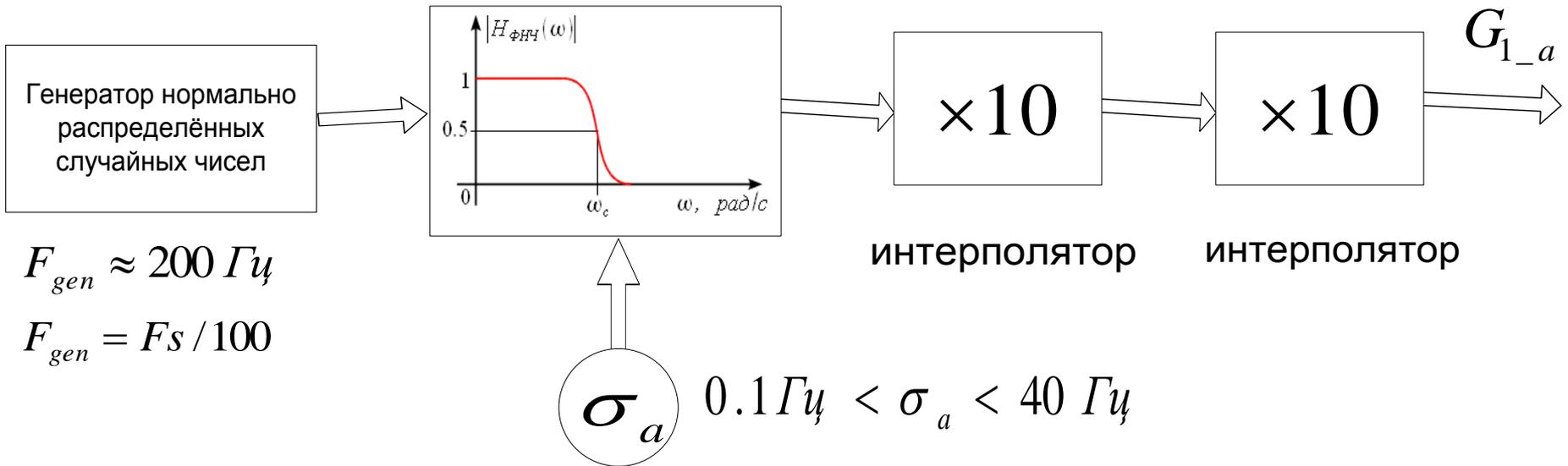
где (θ_0, λ_0) – географические координаты северного геомагнитного полюса ($11,3^\circ$ и $-70,6^\circ$)

Широтное деление ионосферы



для Земли в целом
для Евразийского континента

Формирование G_{1a} и G_{1b}



Частотная характеристика фильтра
согласно рекомендации ITU-R

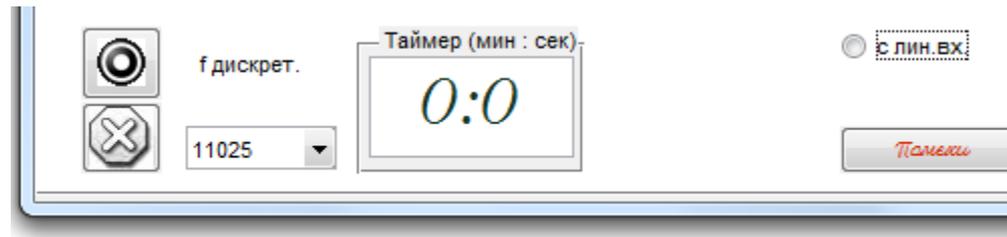
$$G_{i_a}(v) = \frac{1}{\tilde{A}_{ia} \sigma_{ia} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - v_{ia})^2}{2\sigma_{ia}^2}\right]$$



Фильтр Чебышева
2 рода

Режимы работы и отображения данных имитатора

Режим реального времени для работы со звуком с линейного входа

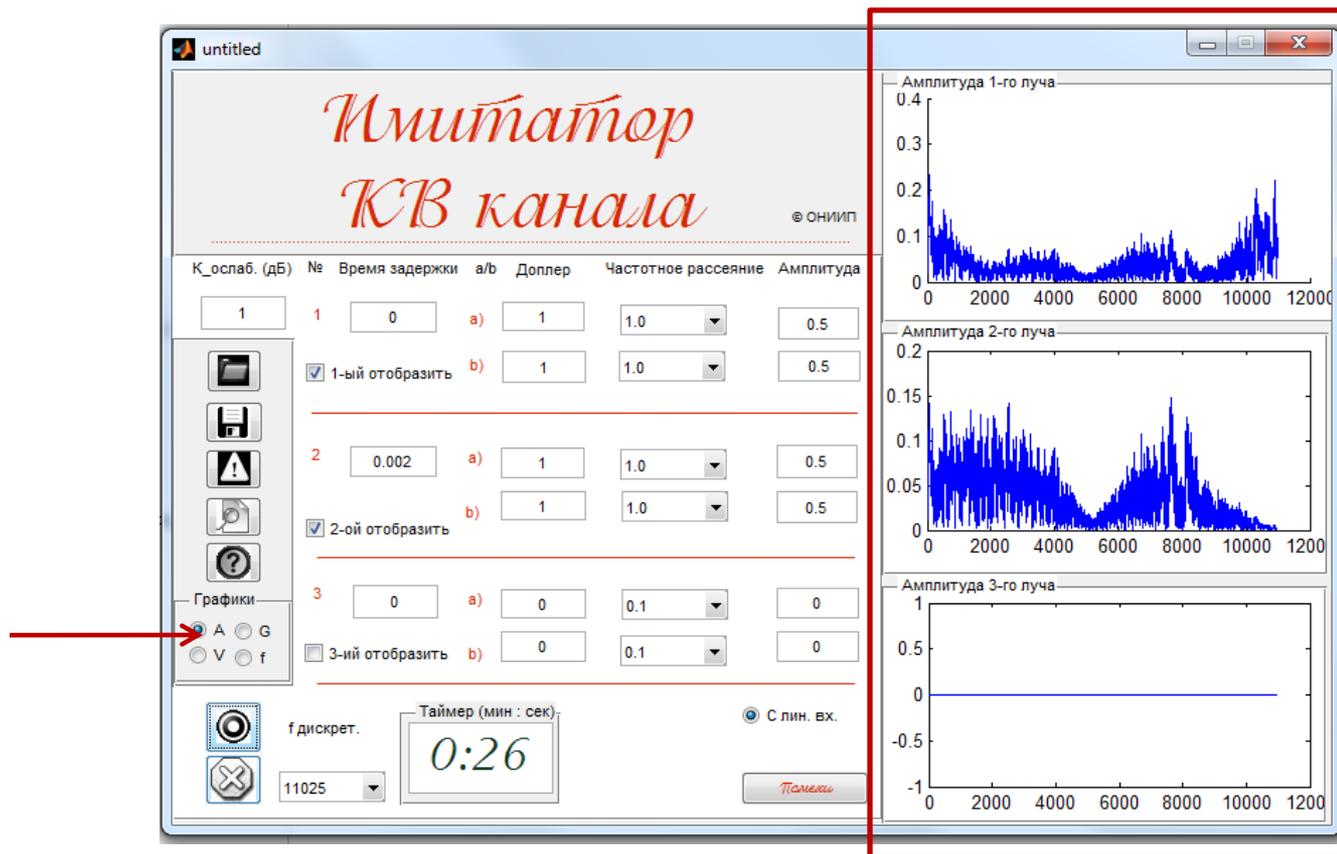


Режим модельного времени для работы с wav файлами



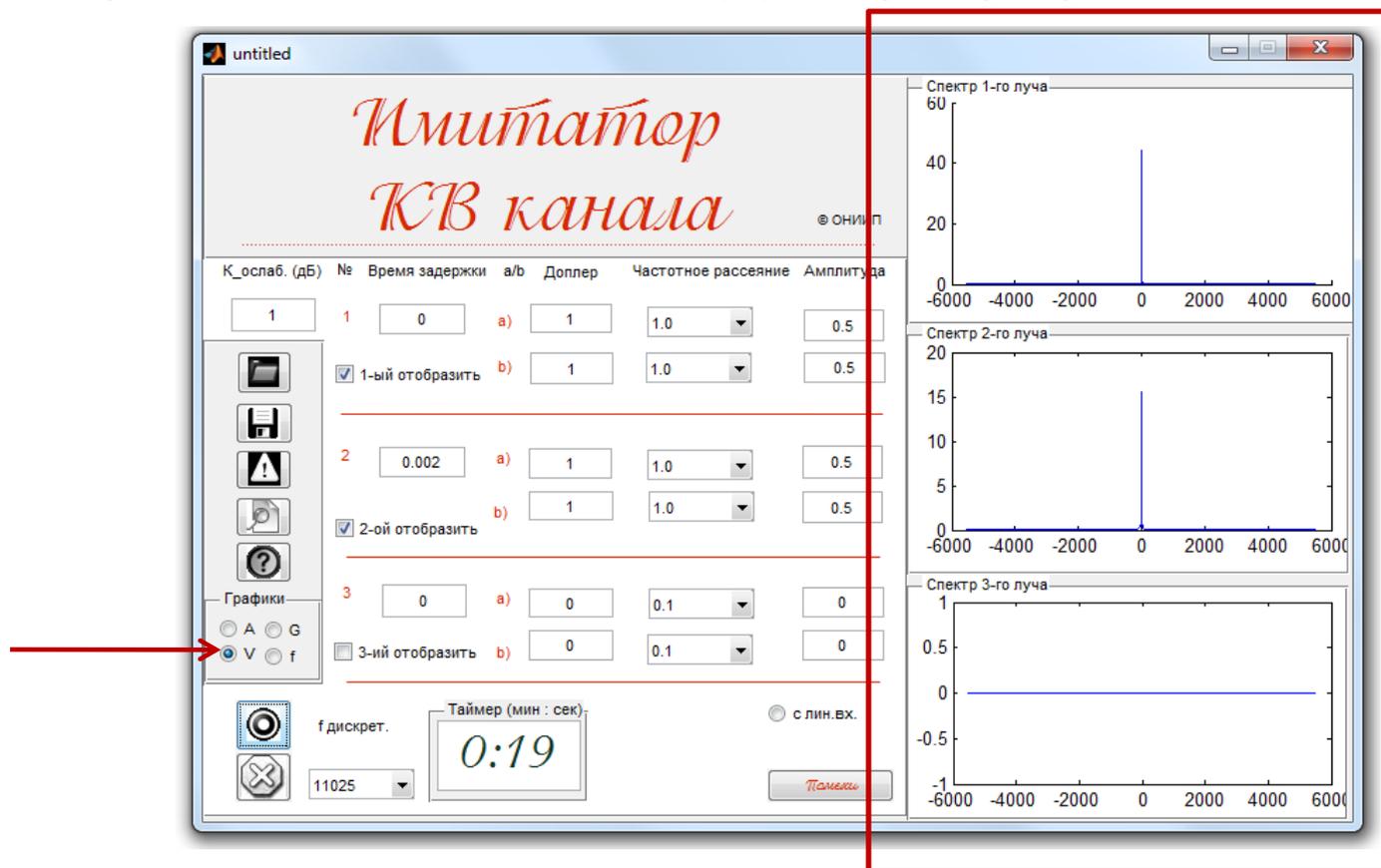
Режимы работы и отображения данных имитатора

- 1) Изображение амплитуды сигнала прошедшего через канал по каждому лучу



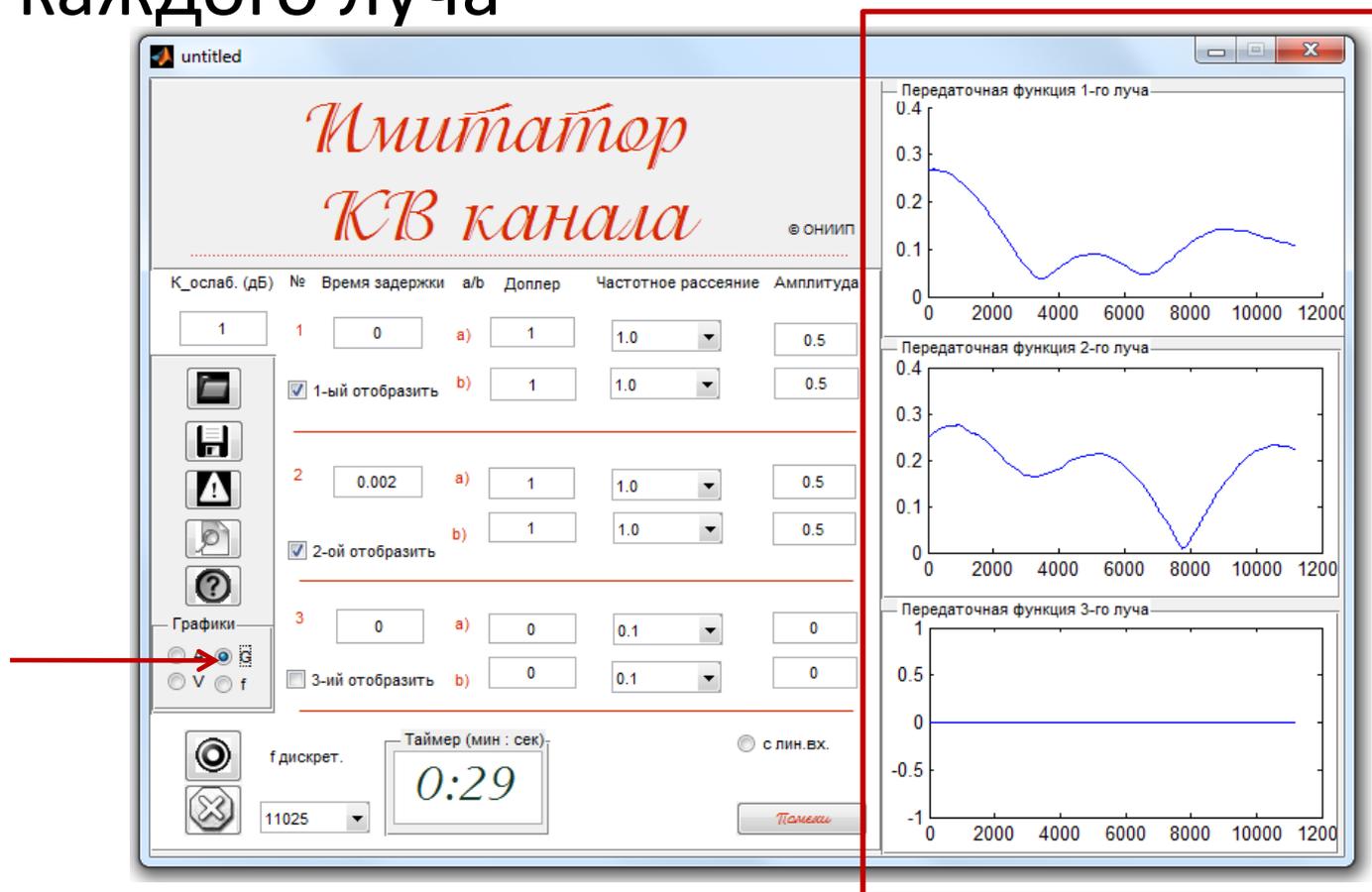
Режимы работы и отображения данных имитатора

2) Изображение спектра сигнала прошедшего
через канал по каждому лучу



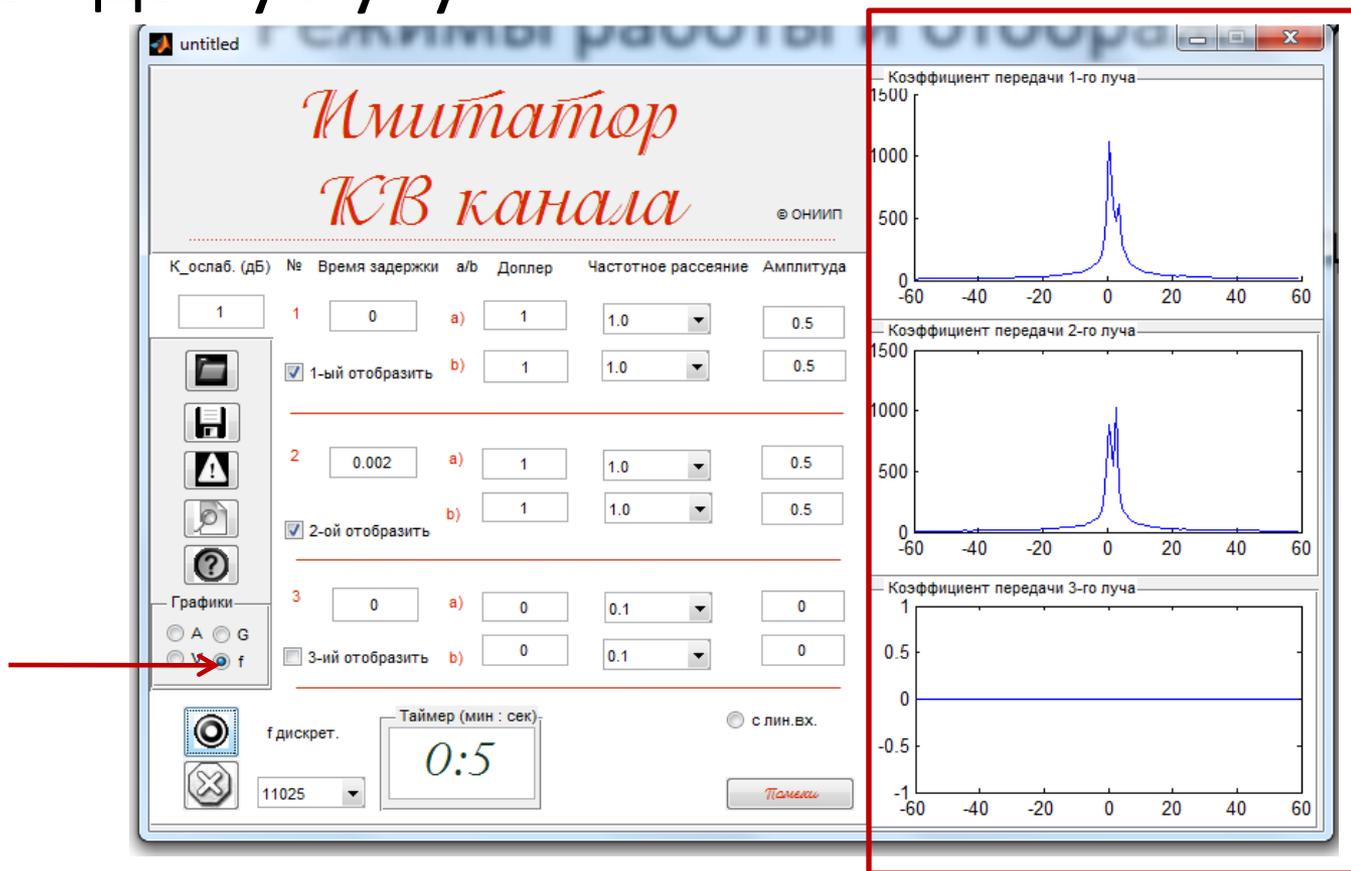
Режимы работы и отображения данных имитатора

2) Изображение передаточной функции каждого луча



Режимы работы и отображения данных имитатора

2) Изображение коэффициента передачи по каждому лучу



Импульсные помехи

Причины ИП:

- 1) Грозовые разряды
- 2) Системы зажигания автомобилей
- 3) Шумы промышленного характера

Моделирование ИП:

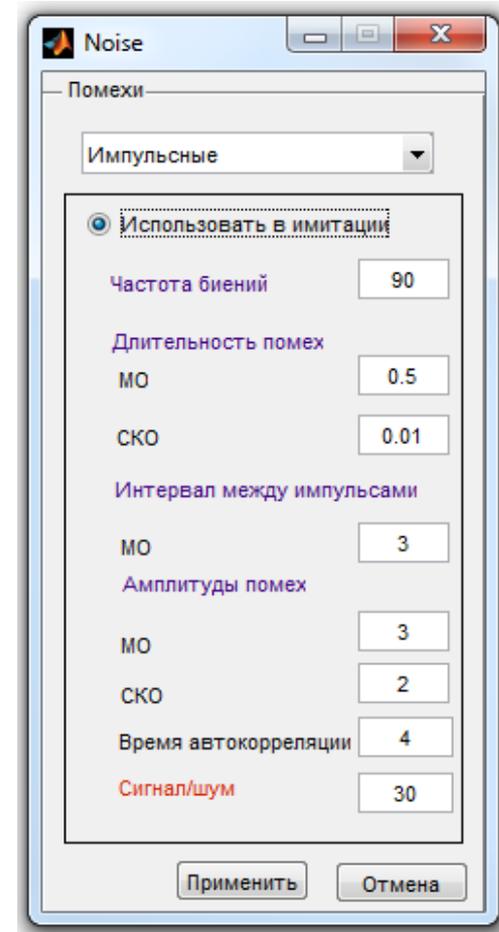
$$U(t) = \mathbf{1}(t - \tau_i, \tau_i) \alpha_i \sqrt{A_c^2(t) + A_s^2(t)} \sin 2\pi ft$$

τ_i - случайные длительности ИП;

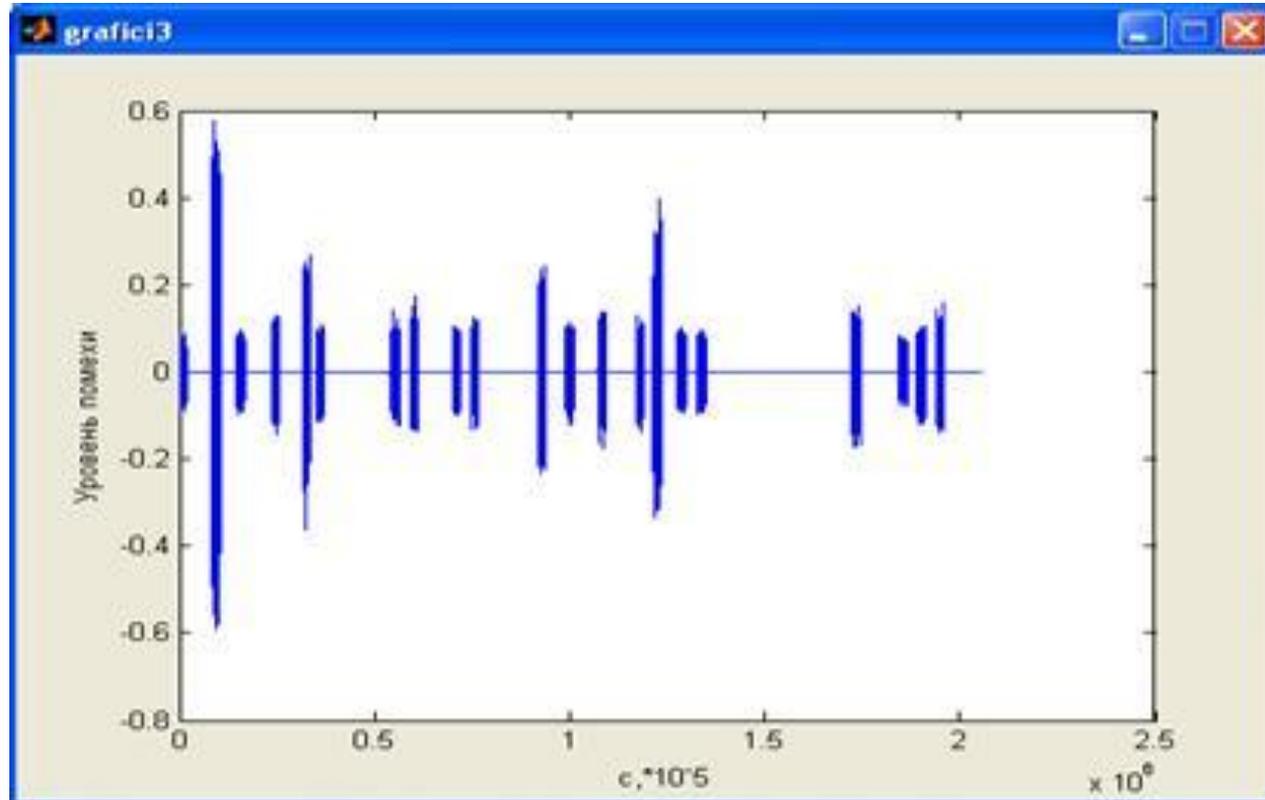
α_i - случайные амплитуды импульсов

$A_c(t)$ и $A_s(t)$ - нормальные случайные процессы с нулевым средним и дисперсией σ_a^2

f – частота биений



Импульсные помехи



Станционные помехи

Причины СП - сигналы посторонних радиостанций

Моделирование СП:

1) Формирование уровней СП по логнормальному закону:

$$U_{\text{СП}} = 10^{0,05[\Sigma_{\text{СП}} \rho_{\text{СП}} \cos(2\pi R_{121}) + M_{\text{СП}}]}$$

Здесь $\rho_{\text{СП}} = \sqrt{-2\ln(R_{122})}$, R_{121} и R_{122} – случайные числа

2) Формирование сигнала СП:

В первом приближении СП можно считать шумоподобными и в качестве первообразующего сигнала можно взять аддитивный белый гауссовский шум (WGN)

Станционные помехи

3) Формирование первообразующих марковских процессов:

$$\mu_{\text{сп}}(m) = \sqrt{\left(x_{\text{сп},c}^{(0)}(m)\right)^2 + \left(x_{\text{сп},s}^{(0)}(m)\right)^2}$$

$$x_{\text{сп},c}^{(0)}(m) = r_{\text{сп}} \cdot x_{\text{сп},c}^{(0)}(m-1) + \sqrt{1-r_{\text{сп}}^2} \cdot E_{\text{сп},c}(m)$$

$$x_{\text{сп},s}^{(0)}(m) = r_{\text{сп}} \cdot x_{\text{сп},s}^{(0)}(m-1) + \sqrt{1-r_{\text{сп}}^2} \cdot E_{\text{сп},s}(m)$$

Здесь $r_{\text{сп}} = \exp\left(-\frac{1}{V\tau_{\text{сп}}}\right)$ - коэффициент автокорреляции замираний станционных помех

$$E_{\text{сп},c}(m) = \rho_{\text{сп}}(m)\cos(2\pi R_{141}(m)), \quad E_{\text{сп},s}(m) = \rho_{\text{сп}}(m)\sin(2\pi R_{141}(m)),$$

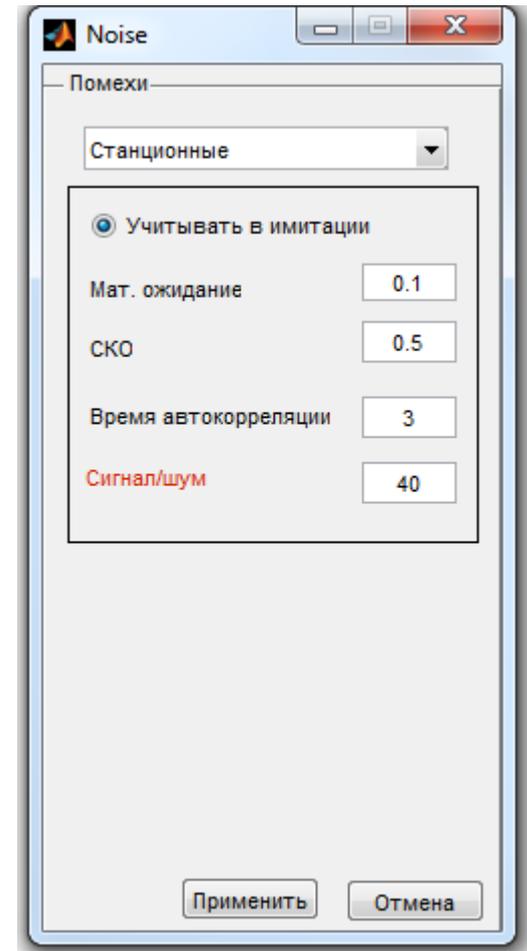
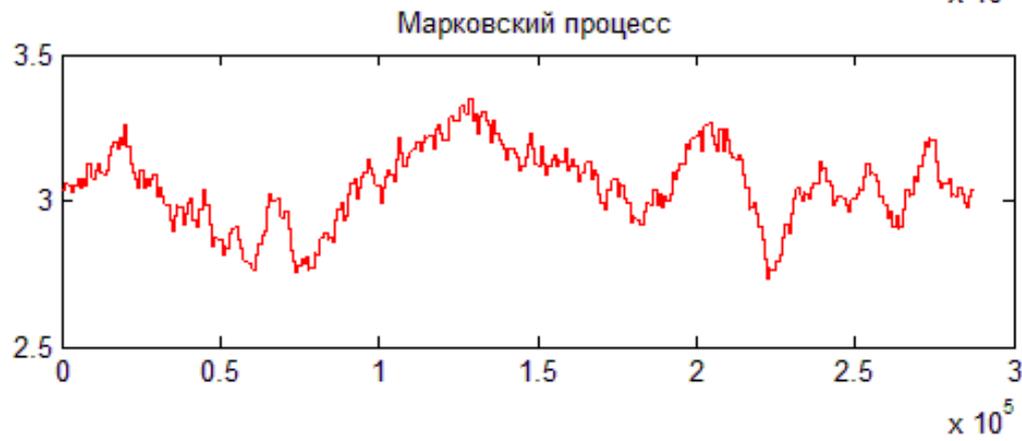
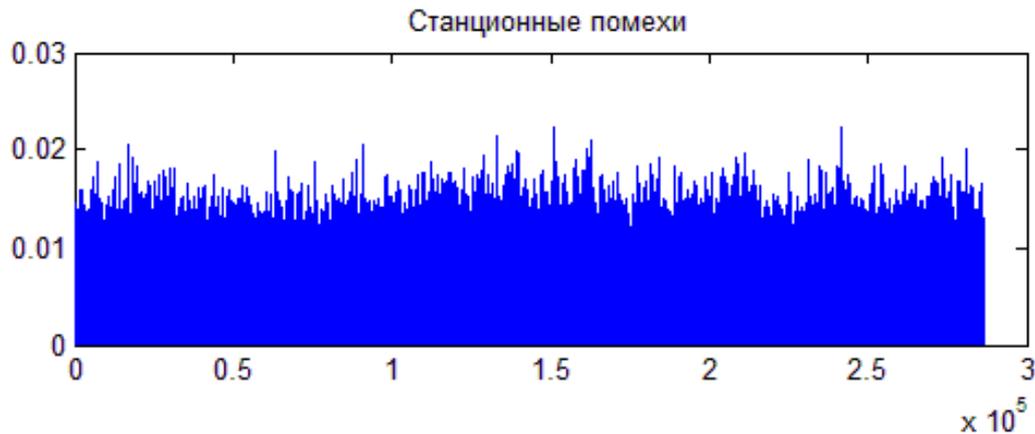
$$\rho_{\text{сп}}(m) = \sqrt{-2\ln(R_{142}(m))},$$

$\tau_{\text{сп}}$ – время автокорреляции замираний станционных помех

4) Вычисление амплитуды СП:

$$A = \text{WGN} \cdot \mu_{\text{сп}}(m) \cdot U_{\text{сп}}$$

Станционные помехи



Атмосферные помехи

Причины АП:

- 1) Тепловые шумы
- 2) Космическое излучение
- 3) Промышленные шумы
- 4) Собственные шумы устройства

Формирование:

Генератор последовательностей нормально распределённых случайных чисел.

