

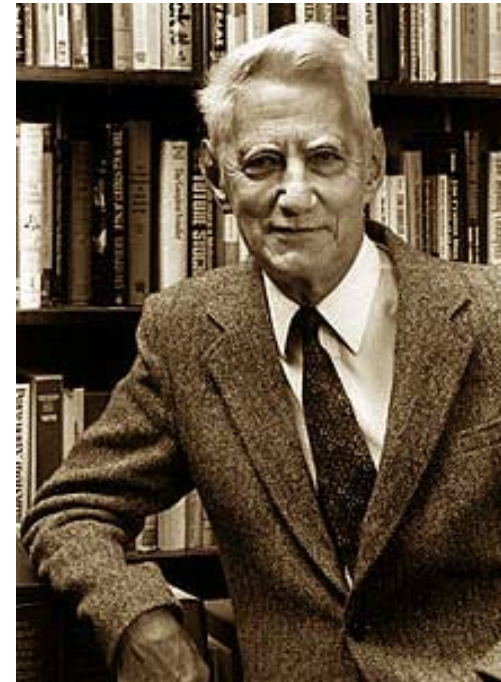
К 100-летию
Клода Шеннона

Развитие теории информации и цифровой обработки сигналов (1933 – 2016 гг.)

д.т.н., профессор Сергей Федорович Свиньин
(Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН)

к.т.н., доцент Александр Игоревич Попов
(Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск)

- Клод Эльвуд Шеннон родился **30 апреля 1916** в г. Петоски, штат Мичиган.
- Магистерская работа написана в **1937** г. в период его деятельности в МТИ и опубликована в **1938** г.
- В **1940** г. получил степень доктора математики.
- С **1941 по 1972** г. – работа в компании «Bell Labs».
- В годы II мировой войны опубликована одна статья.
- Остальные публикации – с **1948** г.
- В **1963** году вышел том статей Шеннона «Работы по теории информации и кибернетике» на русском языке.



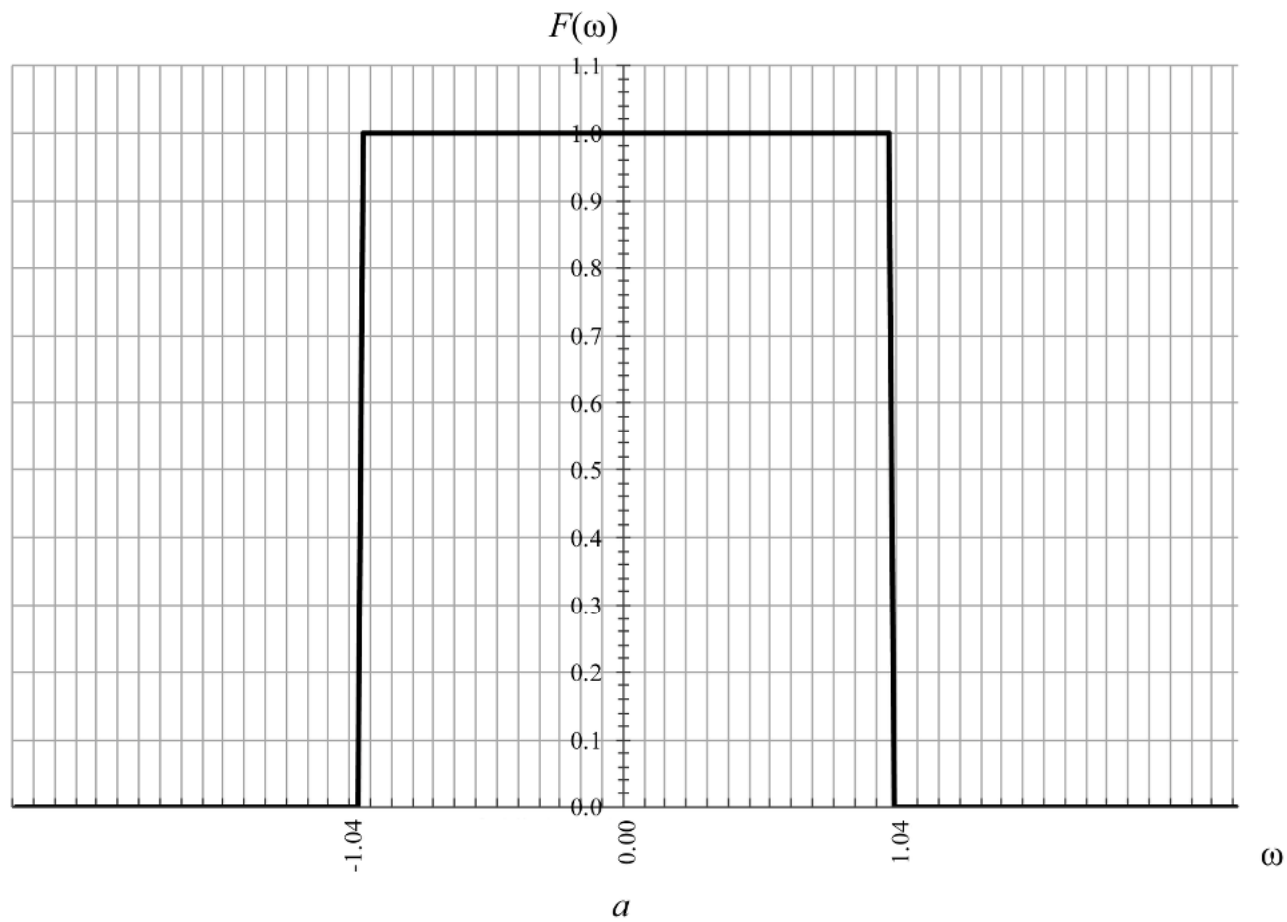
Кардинальный ряд Э. Уиттекера (1915):

$$f(x) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} f(ih) \operatorname{sinc}\left(\frac{x - ih}{h}\right), \quad h > 0$$

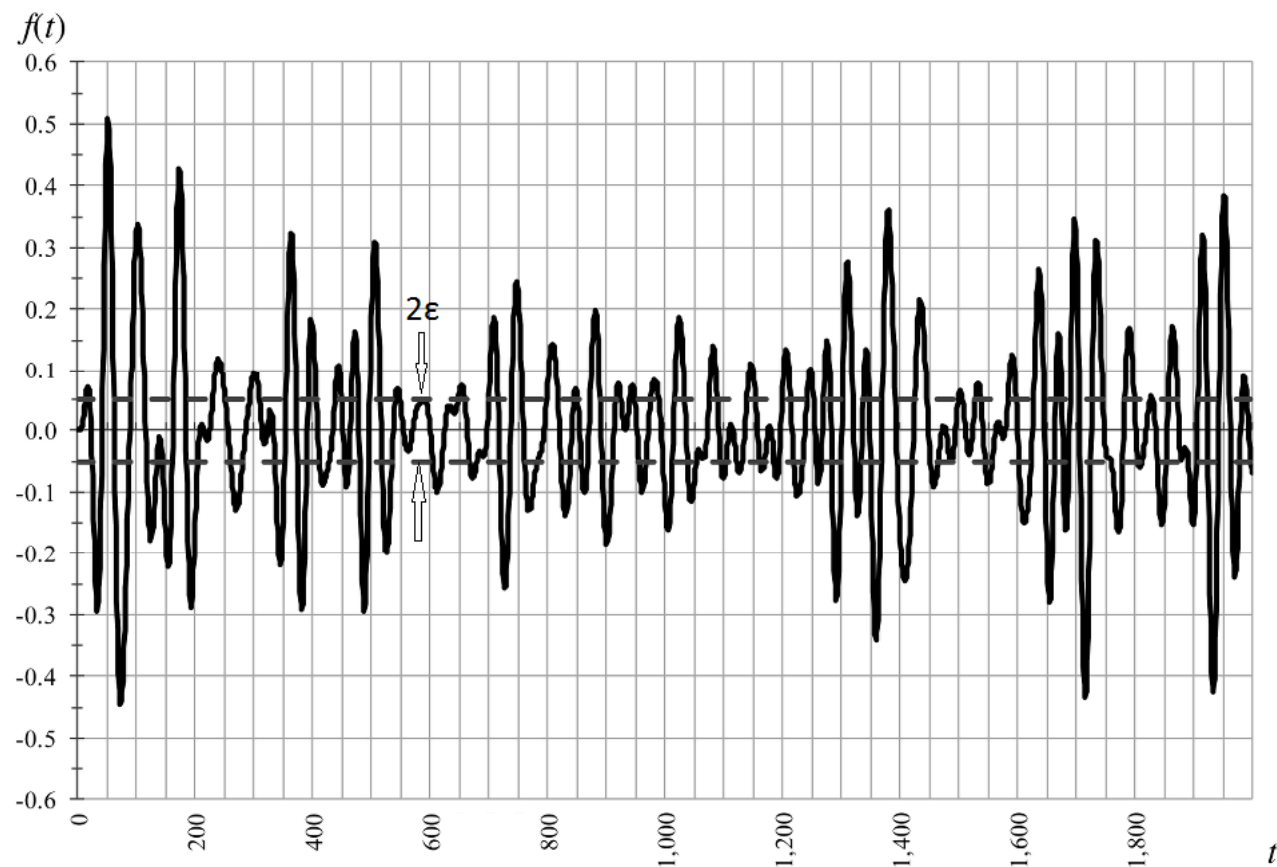
$$K_i(t) = f(ih) \frac{\sin[\omega_c(t - ih)]}{\omega_c(t - ih)}, \quad h = \frac{1}{2F_c} \text{sec}, \quad F_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$$

(Г.Найквист (1928), В.А.Котельников (1933), К.Шеннон (1949))

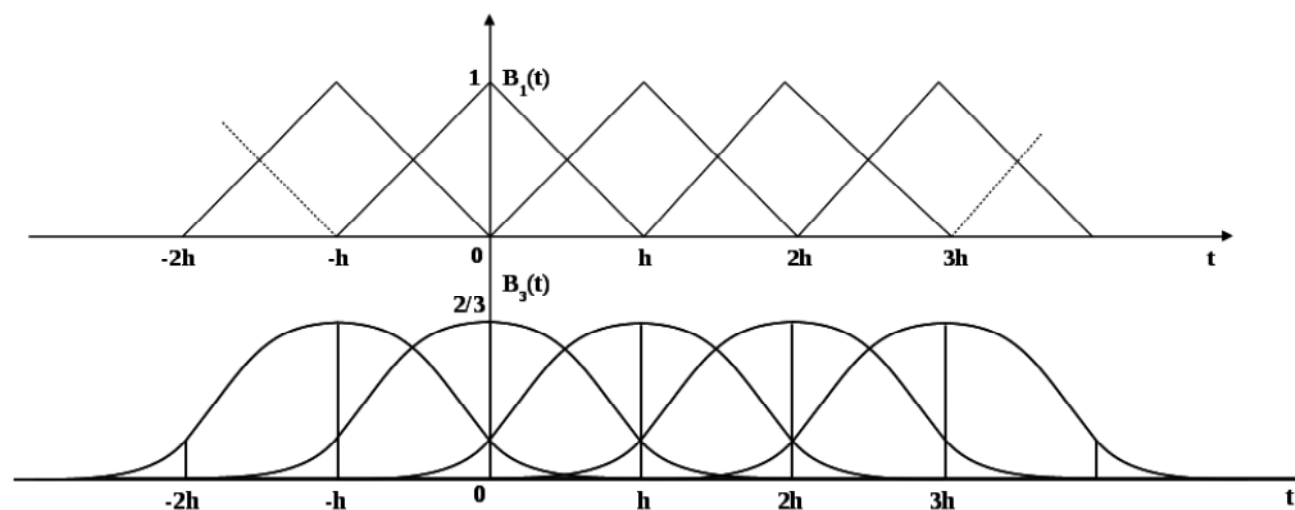
АЧХ идеального ФНЧ



Пример финитного низкочастотного биосигнала



Графики базисных сплайнов степеней 1 и 3 ($m=1,3$)

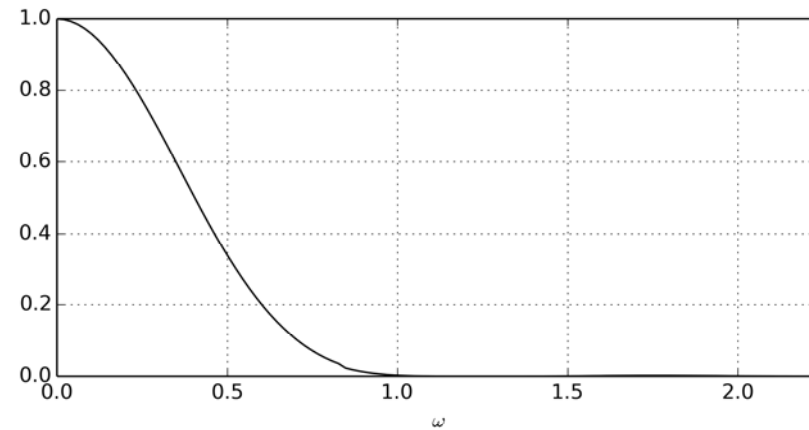
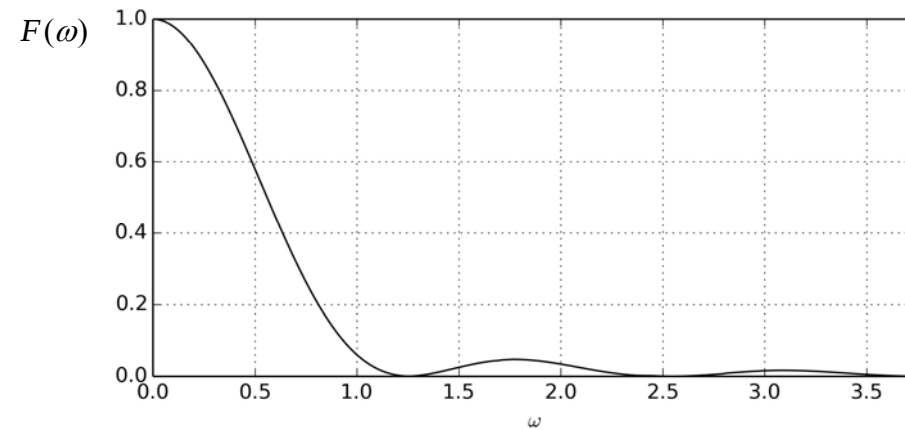


Разложение сигнала по B -сплайнам:

$$f(t) = \sum_{i=-m}^{n+m} b_i B_{i,m}(t)$$

Амплитудные спектры B -сплайнов степеней 1 и 3

$$F(\omega) = B(0) \left| \frac{\sin(\omega h / 2)}{\omega h / 2} \right|^{m+1}$$



Пространства сигналов с конечной энергией

Функции, интегрируемые с квадратом:

$$E = \int_a^b |f(t)|^2 dt < \infty$$

Равенство Парсеваля:

$$\int_0^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega$$

Определения: «Длительность финитного сигнала на уровне ε », «ширина полосы частот на уровне ε ». Дополнительно можно ввести определение «энергетический спектр сигнала на уровне ε ».

Спектр последовательности B -сплайнов, аппроксимирующей финитный сигнал $f(t)$

$$F(\omega) = B(0) \left| \frac{\sin(\omega h / 2)}{\omega h / 2} \right|^{m+1} \cdot \sum_{i=0}^n |b_i \exp(-ji\omega h)|$$

Сходимость спектральной энергии к полной энергии E :

E	20,97852
$E_{\omega} (n = 1K)$	20,94575
$E_{\omega} (n = 0,5K)$	20,91143

Электрофизиология

- Область физиологии, изучающая электрические явления в живом организме и действие электрического тока на организм.
- Методы обследования: электрокардиография (сердце), электроэнцефалография (головной мозг), электромиография (мышцы), электроокулография (глаза) и др.
 - Все они основаны на измерениях и анализе сигналов.

Электрофизиологические методы обследования ЖКТ

- **Гастрография (ЭГГ) и гастроэнтерография (ЭГЭГ)** – методы обследования моторики органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).
- В ЭГГ исследуется только желудок, в ЭГЭГ – различные отделы ЖКТ.

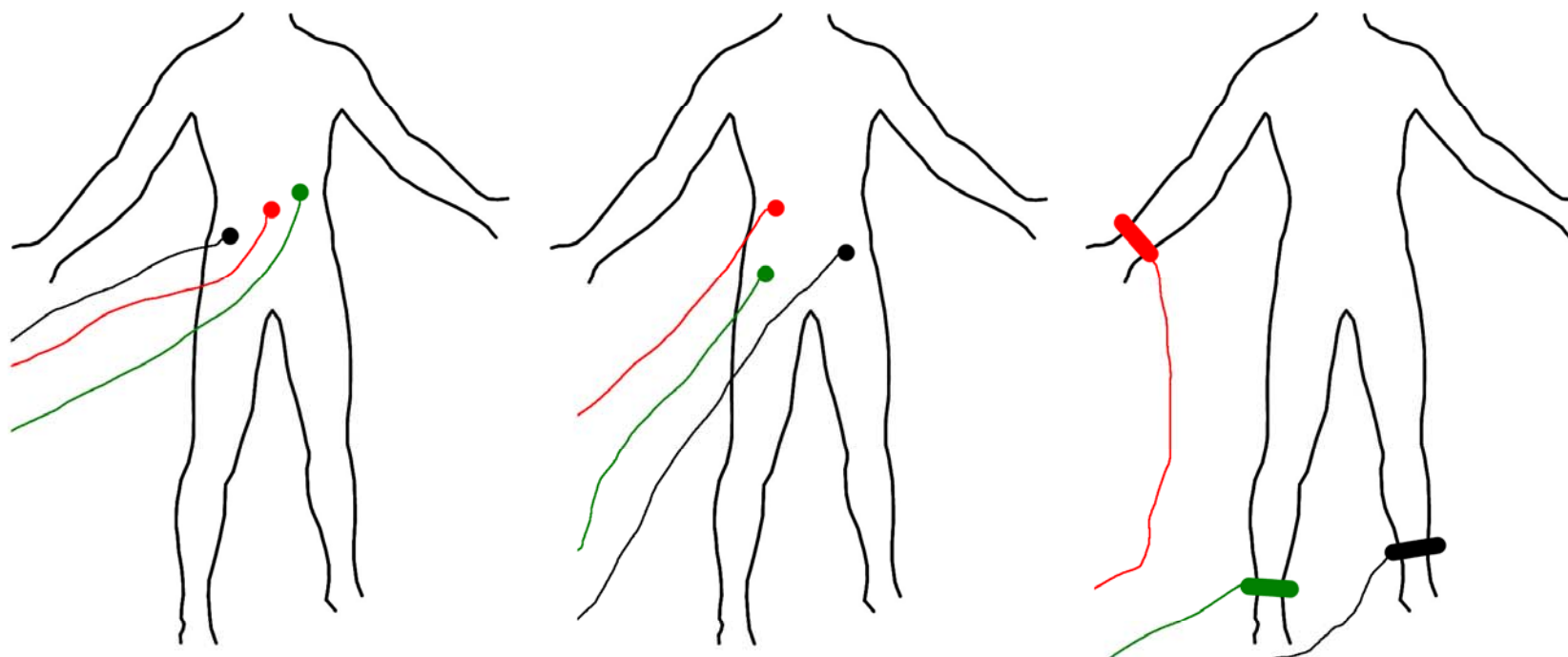
Полосы частот сокращений отделов ЖКТ:

Отдел	Полоса частот (Гц)
Толстая кишка	0,01 – 0,03
Желудок	0,03 – 0,07
Подвздошная кишка	0,07 – 0,13
Тощая кишка	0,13 – 0,18
ДПК	0,18 – 0,22

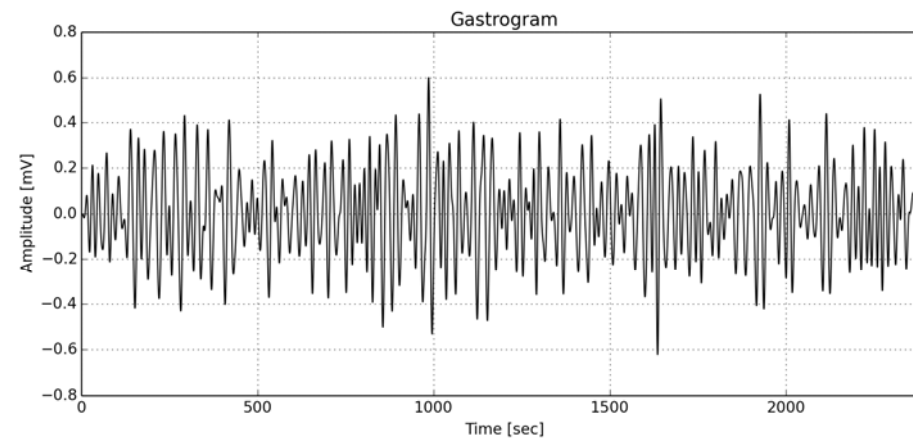
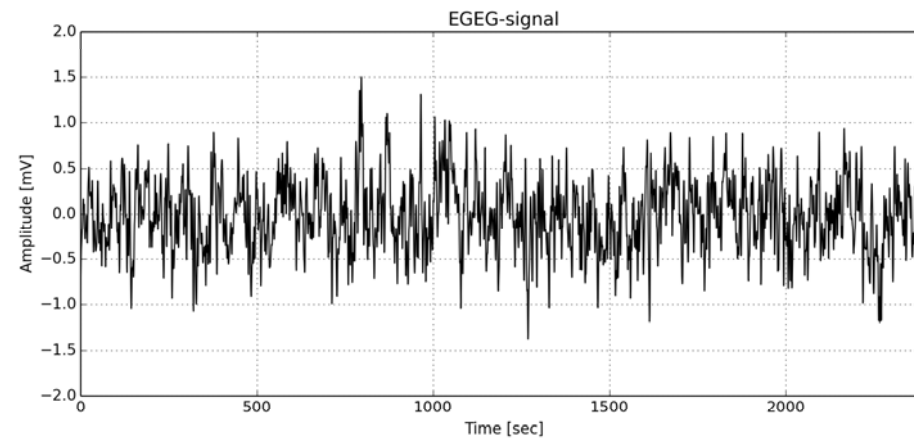
Оборудование для ЭГГ/ЭГЭГ



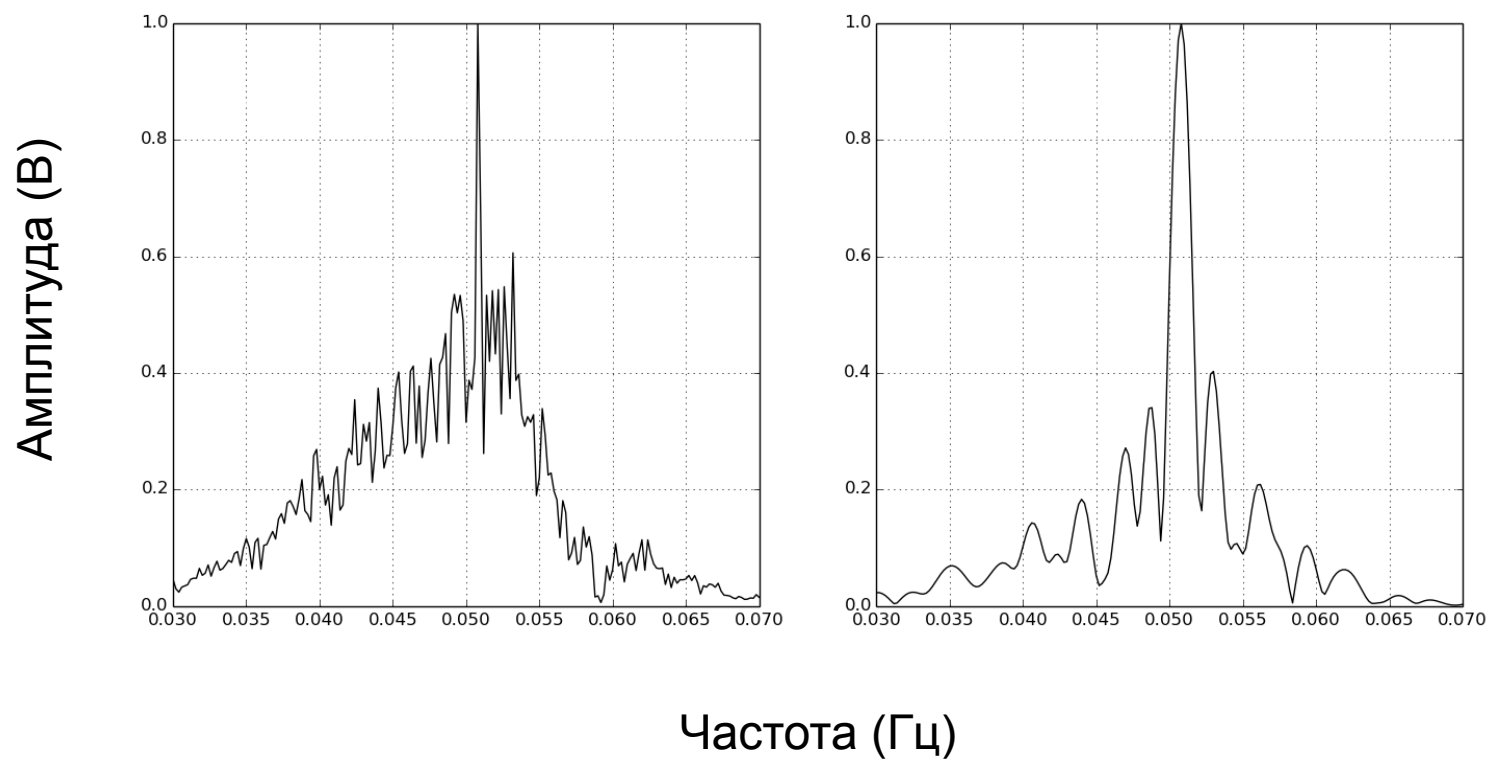
Схемы отведений в ЭГГ/ЭГЭГ



Пример сигнала



Амплитудный спектр



Параметры сигналов

Средняя мощность:

$$P = \frac{1}{N^2} \sum_{k=a}^b |X[k]|^2$$

Доминантная частота:

$$DF = \frac{f_d}{N} \arg \max_k X[k], k \in [a, b]$$

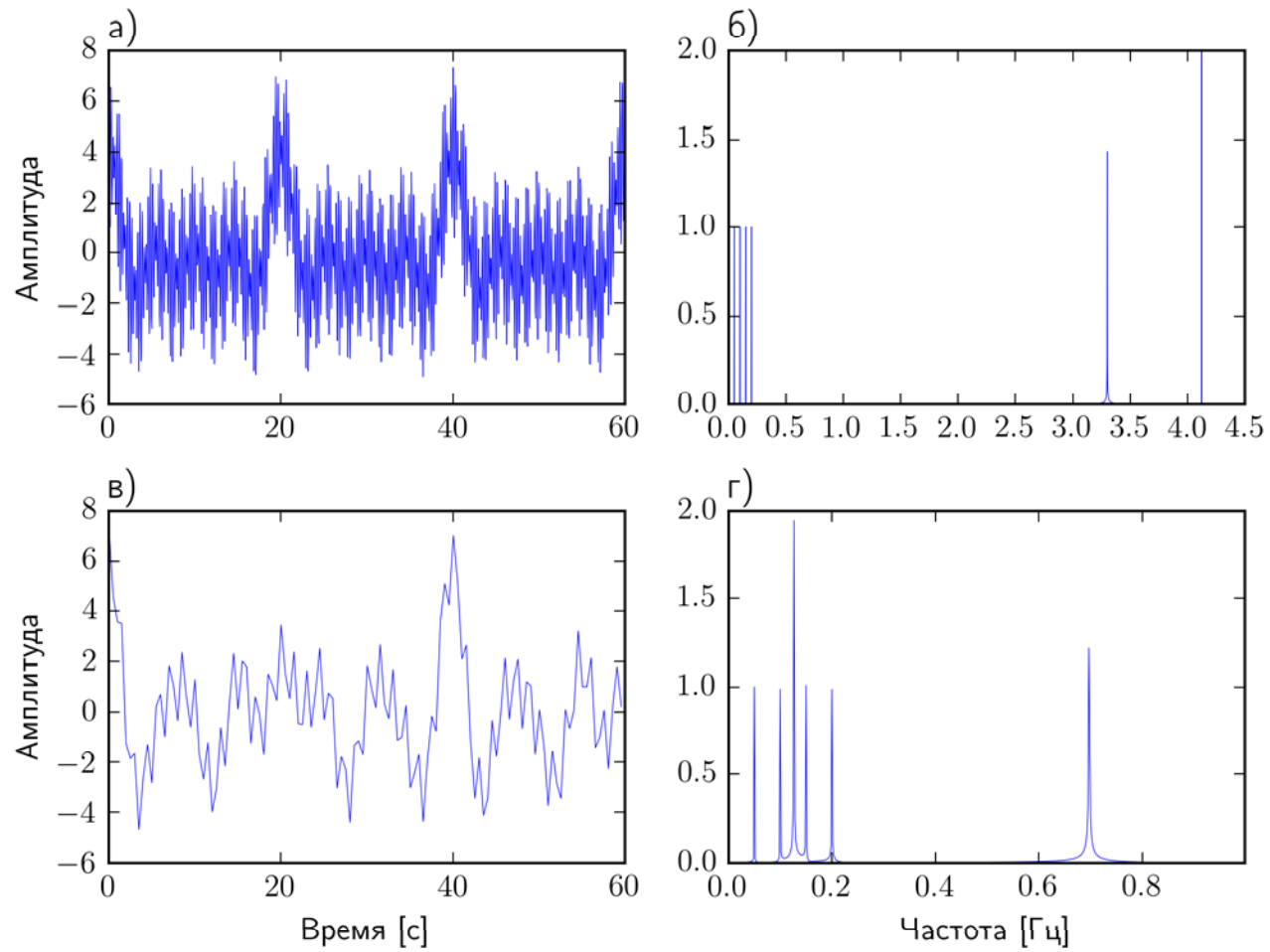
Коэффициент неустойчивости доминантной частоты:

$$DFIC = \frac{\sigma_{DF}}{DF}$$

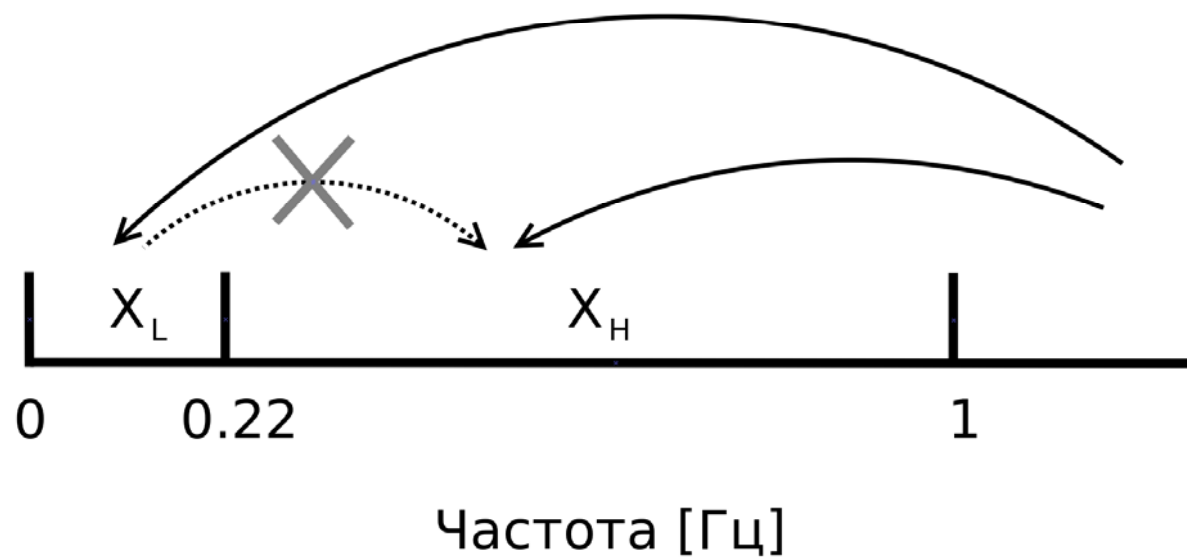
Показатель ритмичности:

$$Kritm = \frac{\sum_{k=a}^{b-1} \| |X[k+1]| - |X[k]| \|}{\max(|X|)(b-a)}$$

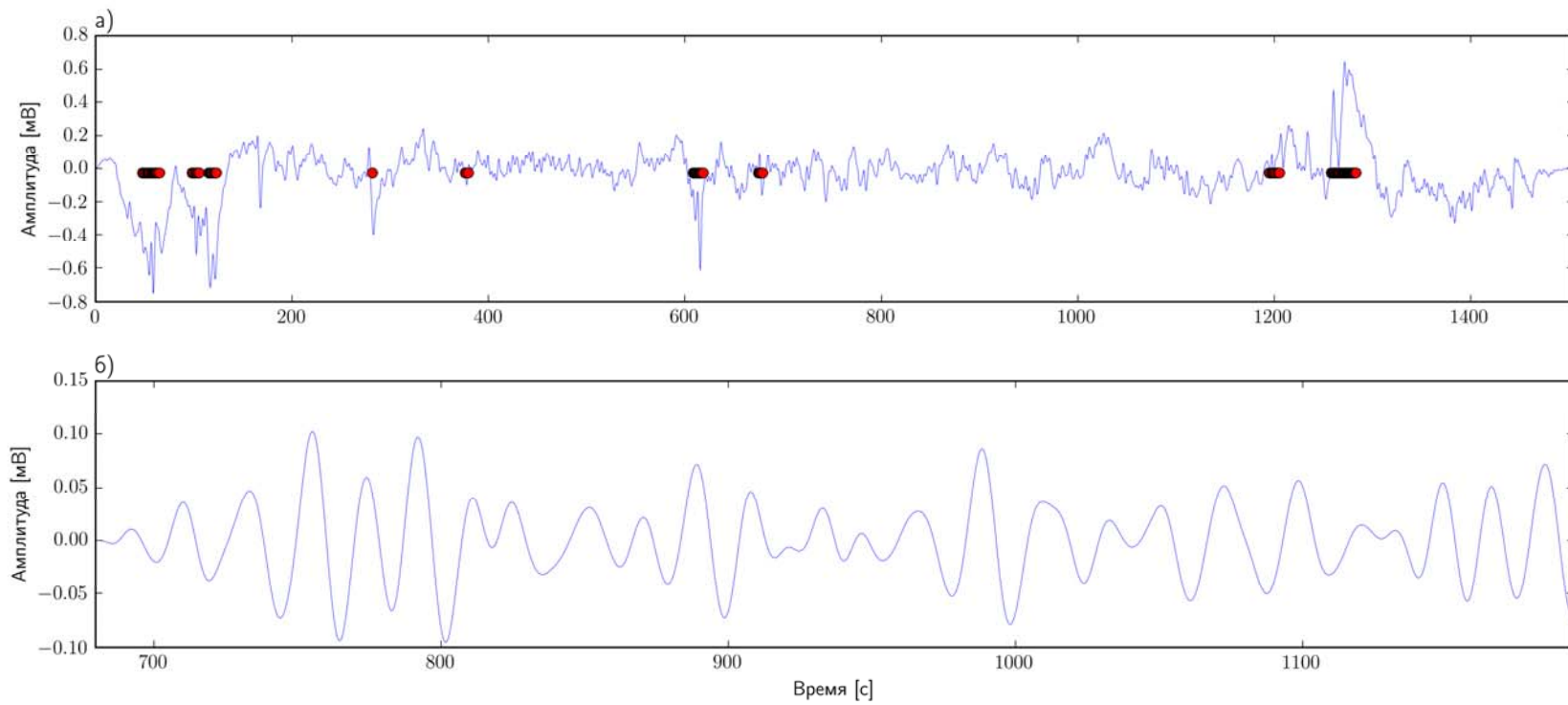
Алиасинг



Информационный состав ЭГЭГ-сигнала



Артефакты



Спасибо за внимание!