

Сочи, 30 мая – 01 июня

Международная научно-техническая конференция

**РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА  
И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ – 2023**



# Аспекты реализации системы определения источников НЧК

Родионов Андрей Вячеславович

А.В. Родионов<sup>1</sup>, К.П. Бутин<sup>2</sup>, И.О. Комолых<sup>1</sup>, А.И. Попов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Инженерный центр «Энергосервис»

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет

Россия

# СМНР В ЕЭС РОССИИ



Уровень ЦДУ



**Приложения:**

- Мониторинг работы АРВ и СВ
- Оценивание состояния э/э режима
- Мониторинг работы генерирующего и сетевого оборудования
- Мониторинг инерции энергосистемы
- Мониторинг и идентификация источника НЧК
- Верификация расчетных моделей
- Расчет параметров схемы замещения ЛЭП

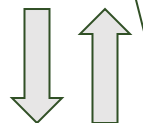
Уровень ОДУ  
7 филиалов



Уровень РДУ  
14 филиалов



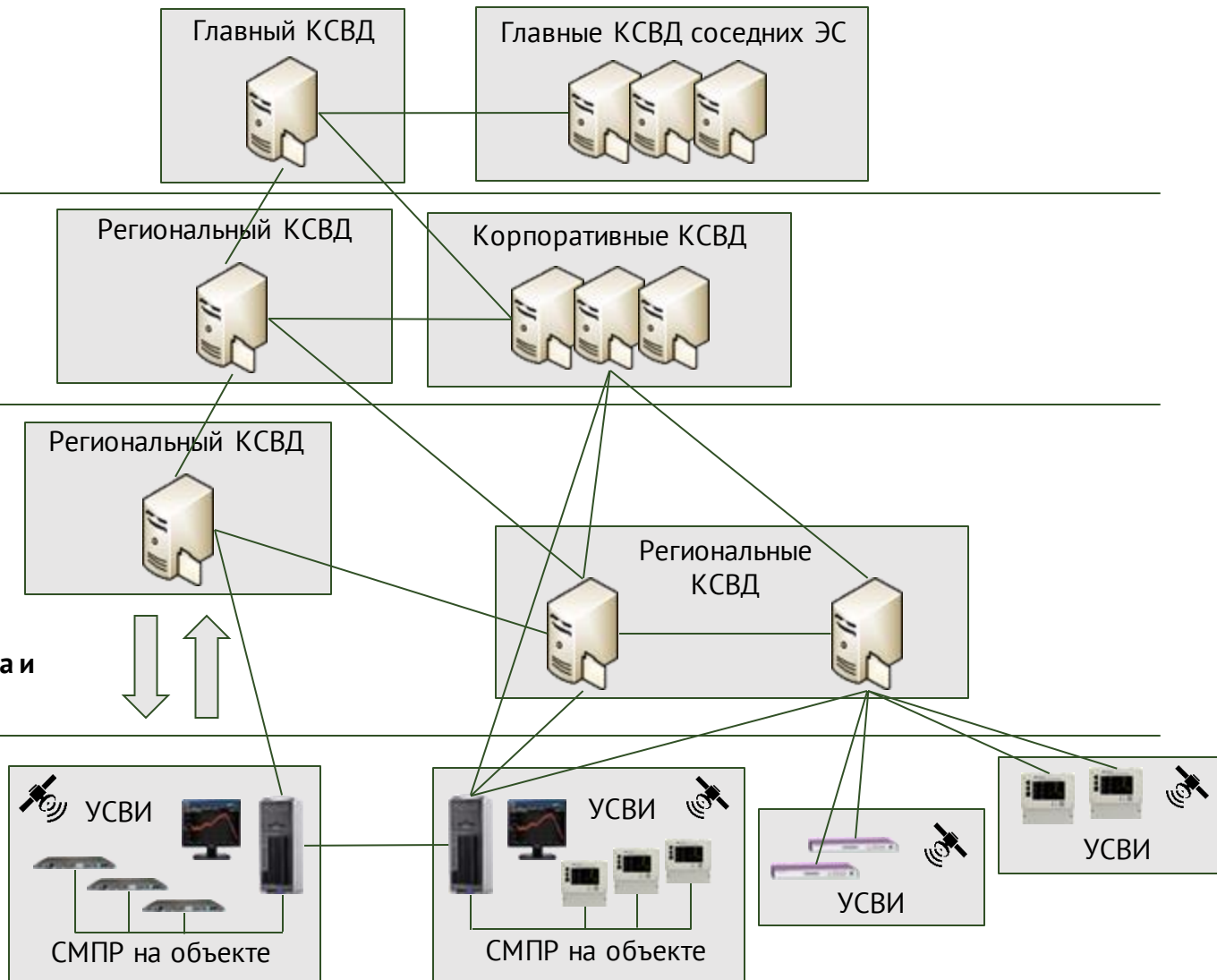
Функции  
мониторинга и  
контроля



Уровень объекта  
более 150 объектов  
порядка 1000 УСВИ

**Приложения:**

- Мониторинг качества данных УСВИ
- СМНР





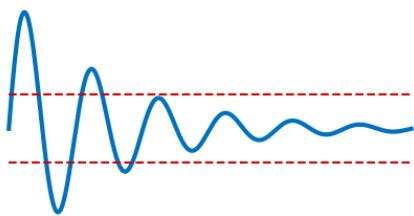
# ЗАДАЧА МОНИТОРИНГА НЧК

Сигнал УСВИ



Вычисление параметров  
колебательных мод

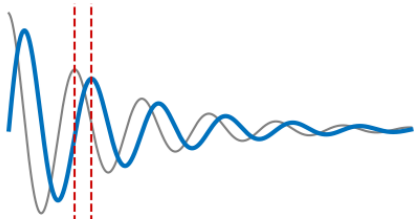
Амплитуда



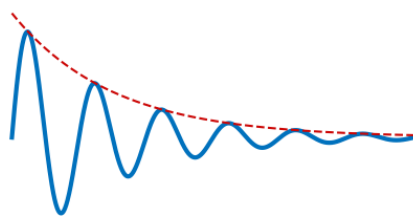
Частота



Фаза



Время затухания

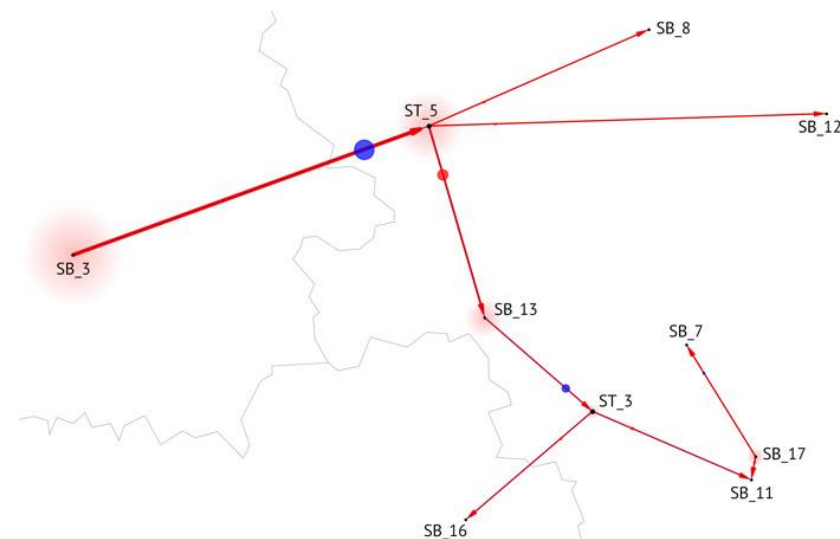


Поиск  
источника



Выявление высокоамплитудных  
плоходемпфируемых низкочастотных  
колебаний (до 5 Гц)

Применение СВИ → вычисление  
параметров НЧК и поиск источника в  
режиме реального времени

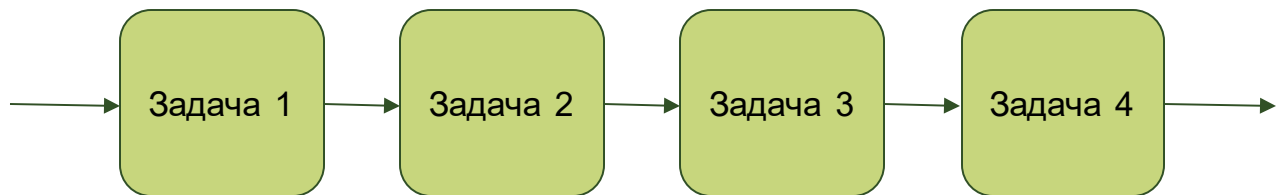




## АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ

- **Большой объём** анализируемых **данных** в реальном времени;
- **Множество** комбинаций последовательности **методов** и **вариабельность** их **параметров**;
- **Визуализация больших данных**, представление в масштабе энергосистемы, UX;
- **Качество** анализируемых **данных**, форматы архивных данных;
- **Тестирование системы**: мало реальных случаев НЧК с достоверно известным источником, сложность моделирование случаев в масштабе энергосистемы;

# СХЕМЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

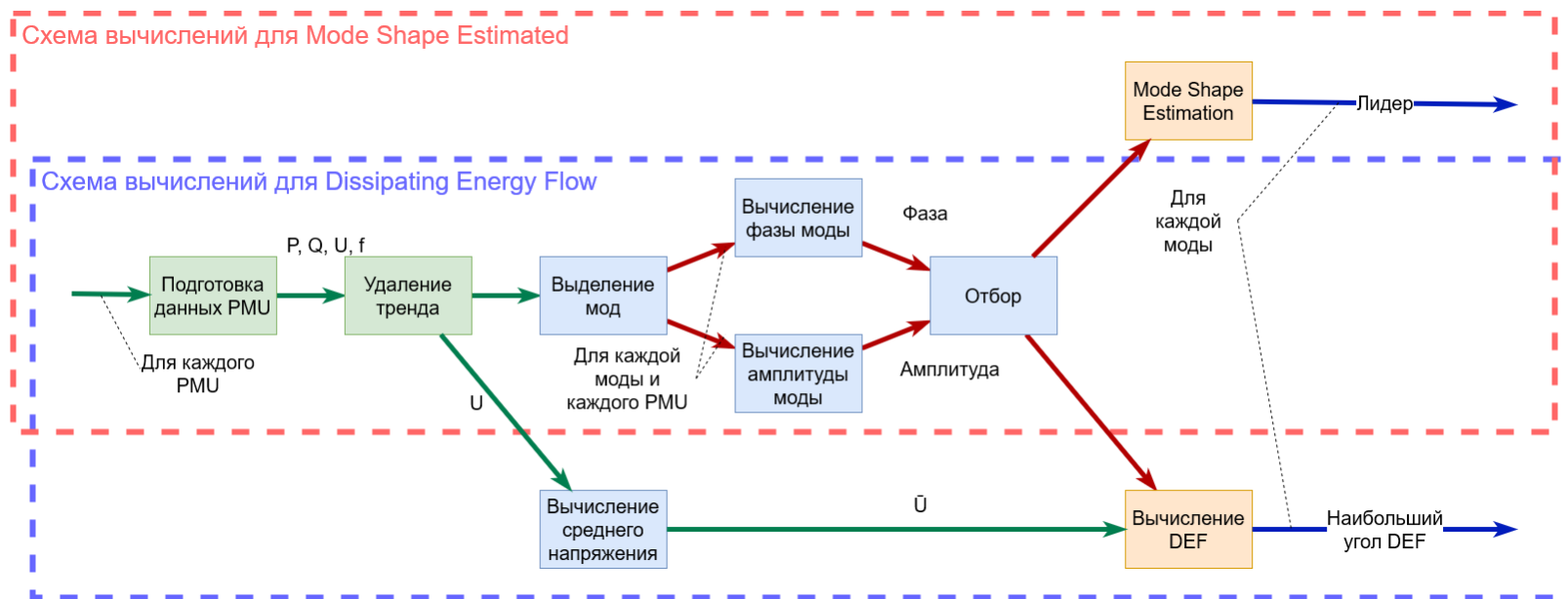


- Методы
- Параметры
- Реализации

$$N = n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4$$

## Вычислительный фреймворк:

ОПИСАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ, ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ [1]



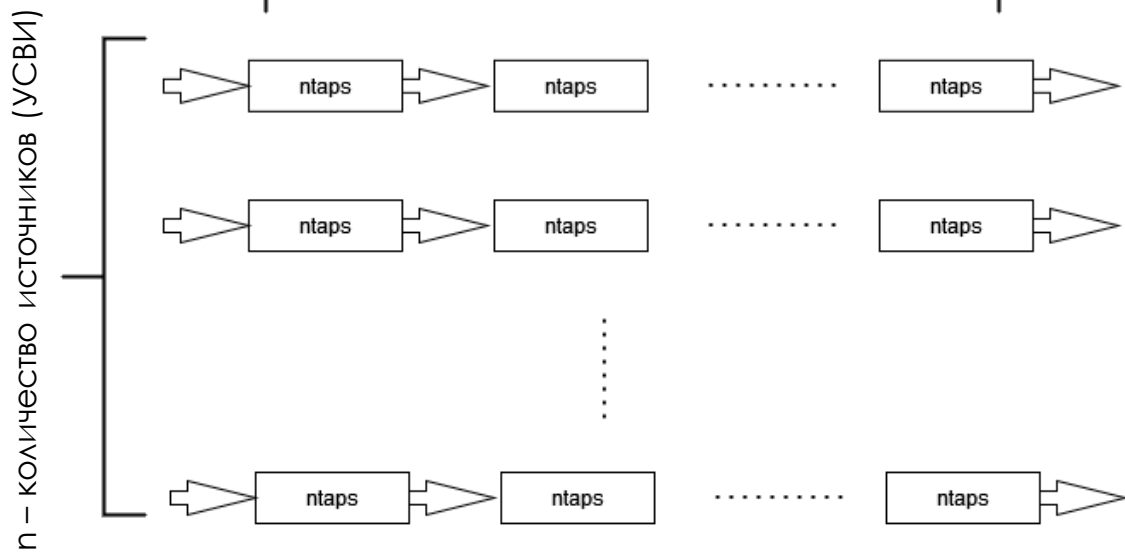
[1] А.И. Попов, К.П. Бутин, А.В. Родионов, Д.М. Дубинин "Фреймворк для обработки данных синхронизированных векторных измерений на примере исследования низкочастотных колебаний // NASPI webinar 2021

# СТРАТЕГИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ



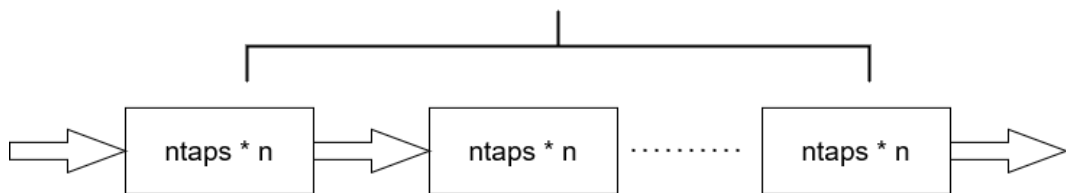
## Параллельное выполнение вычислений

Количество этапов вычислений

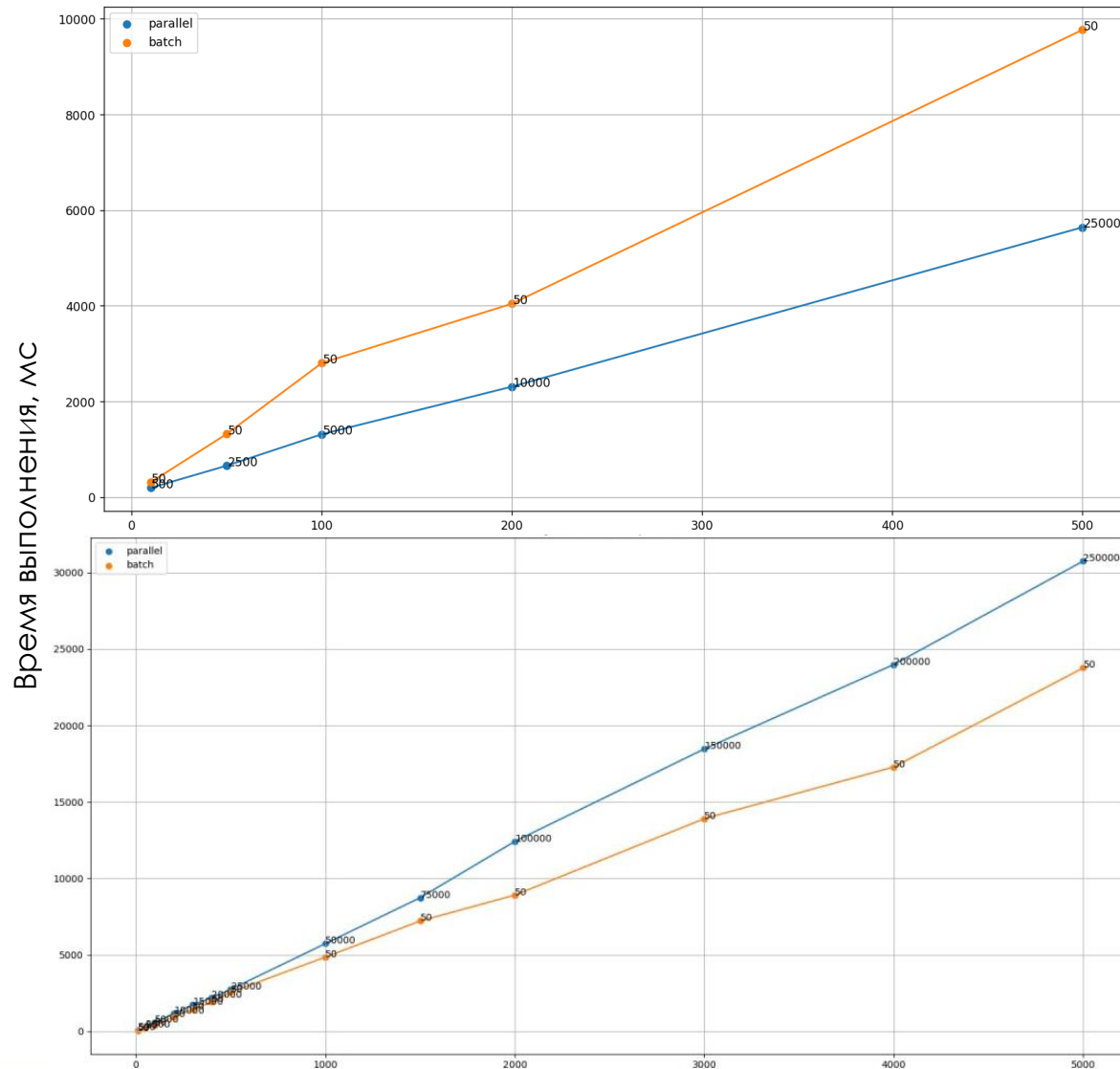


## Последовательное выполнение вычислений

Количество этапов вычислений



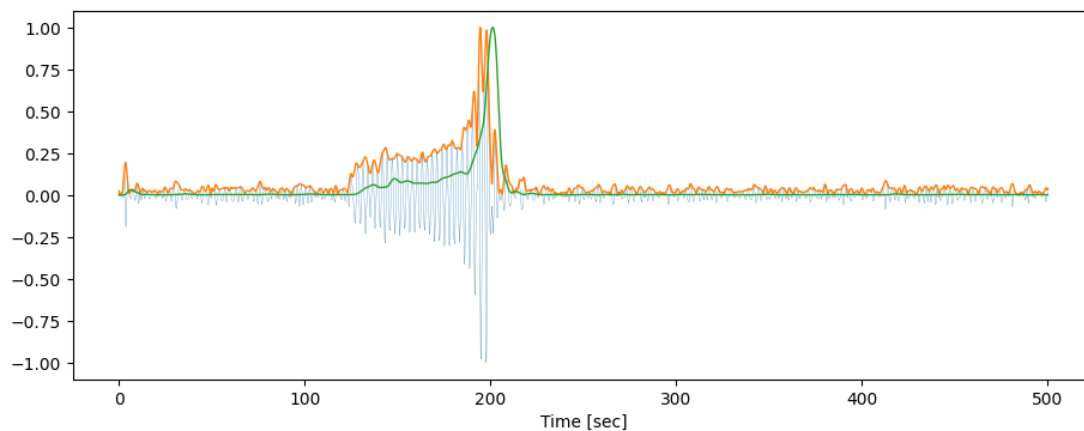
Количество источников УСВИ



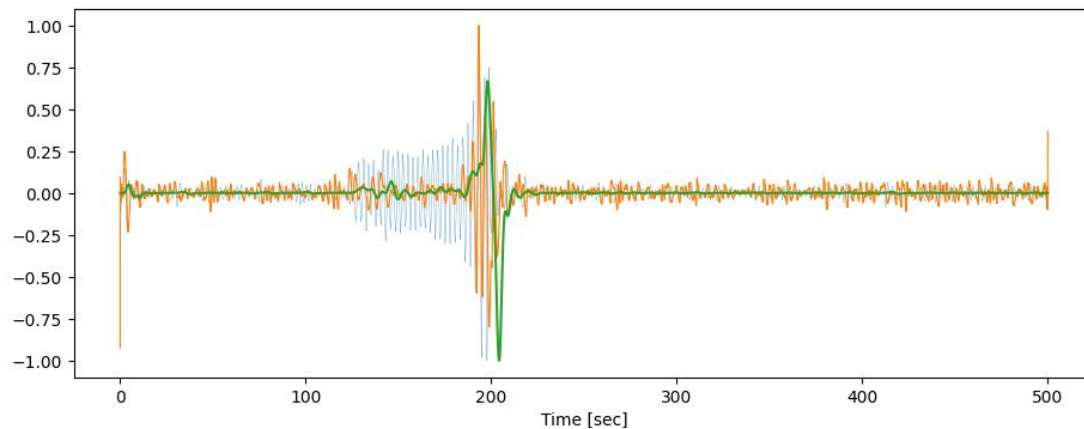
# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ



Амплитуда и средняя мощность моды



Скорость изменения уровня сигналов моды

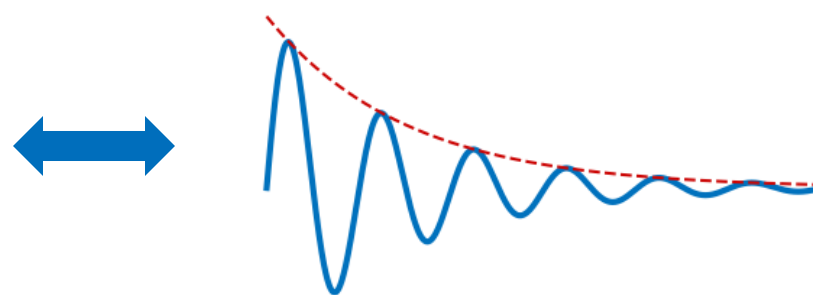


Динамика колебательного процесса выделенной моды

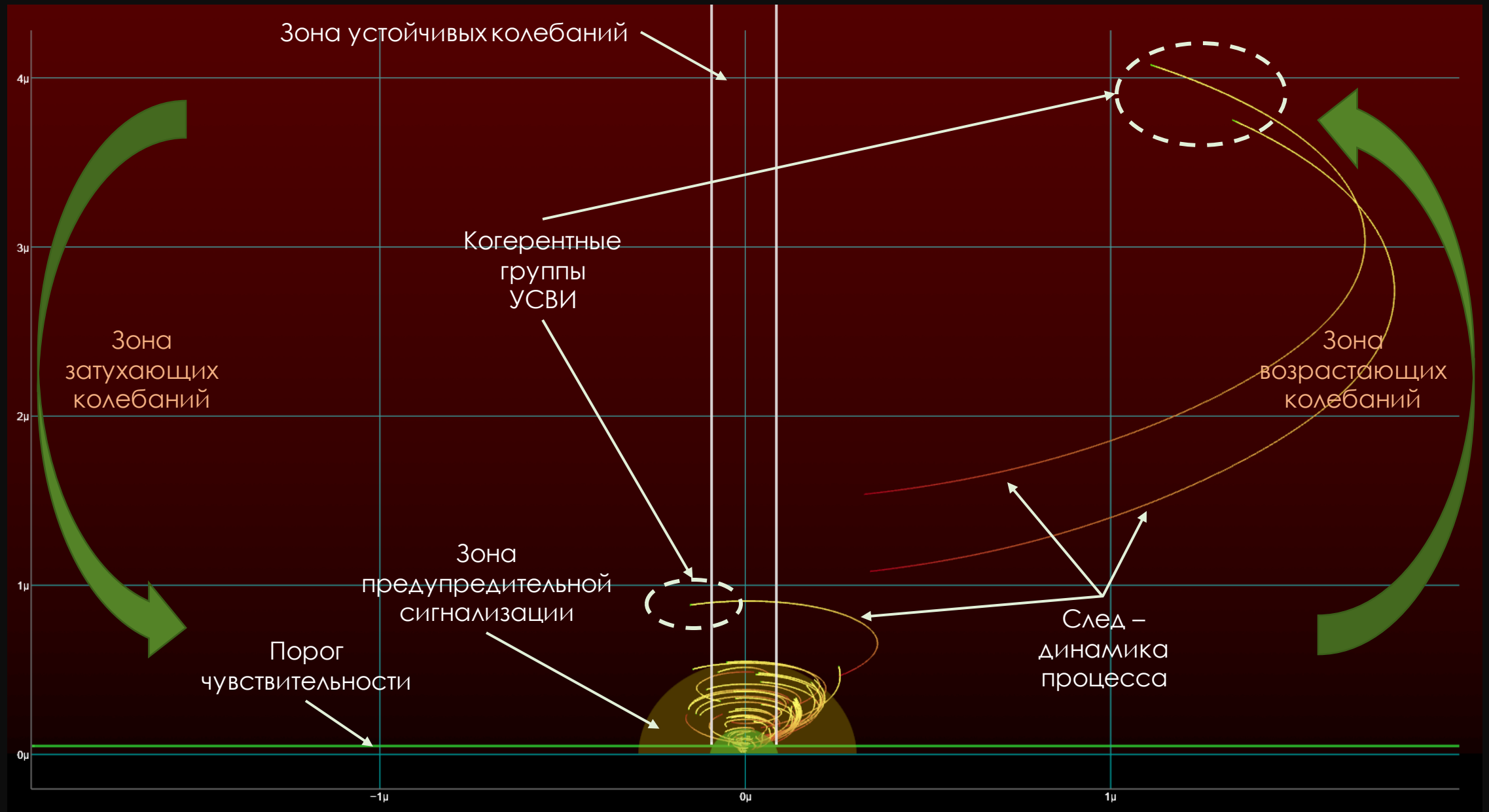
Оценка скорости изменения сигнала и времени затухания

Проблема графического представления большого количества параметров мод

Время затухания

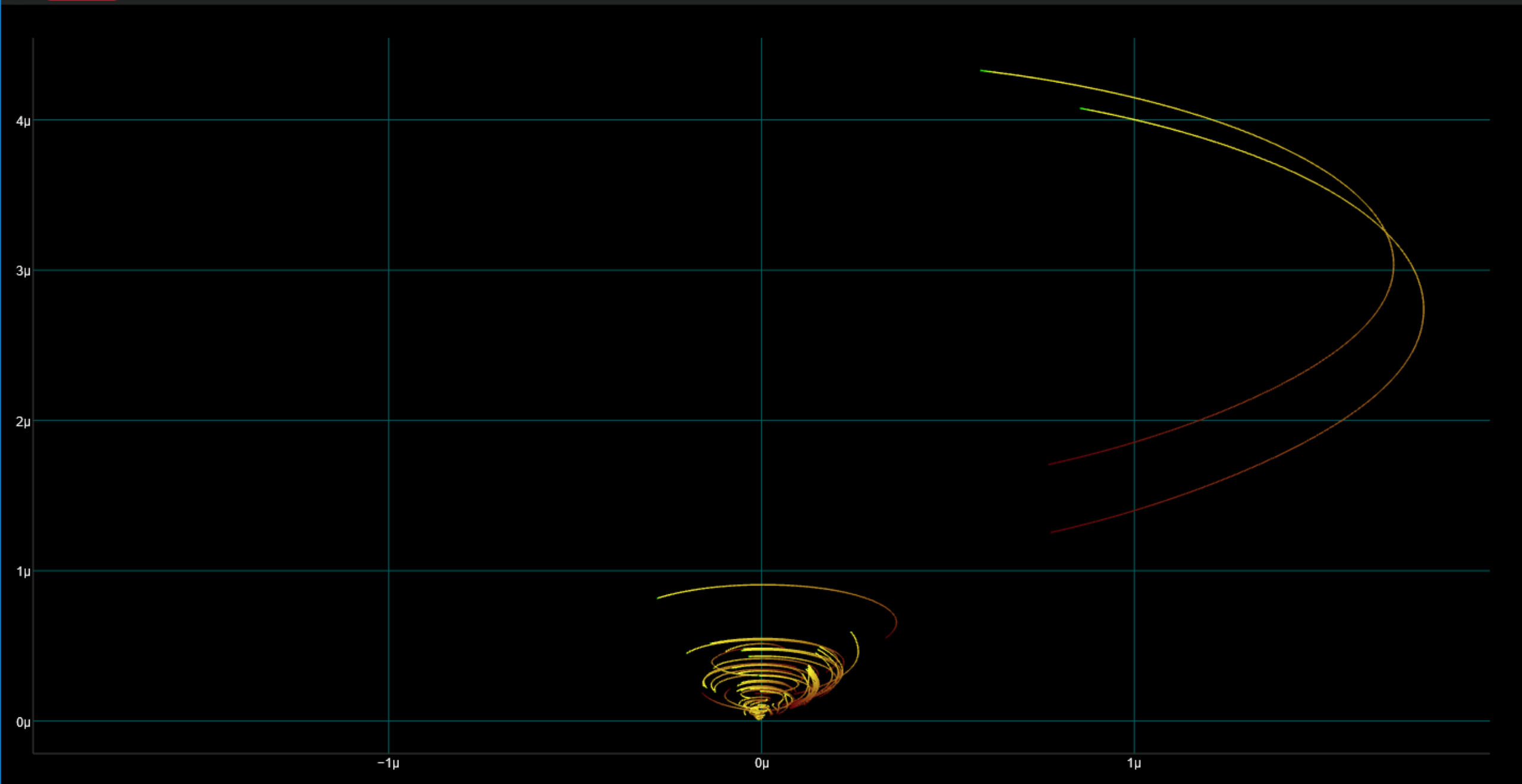


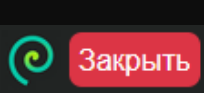
Величина сигнала моды (амплитуда, средняя мощность)



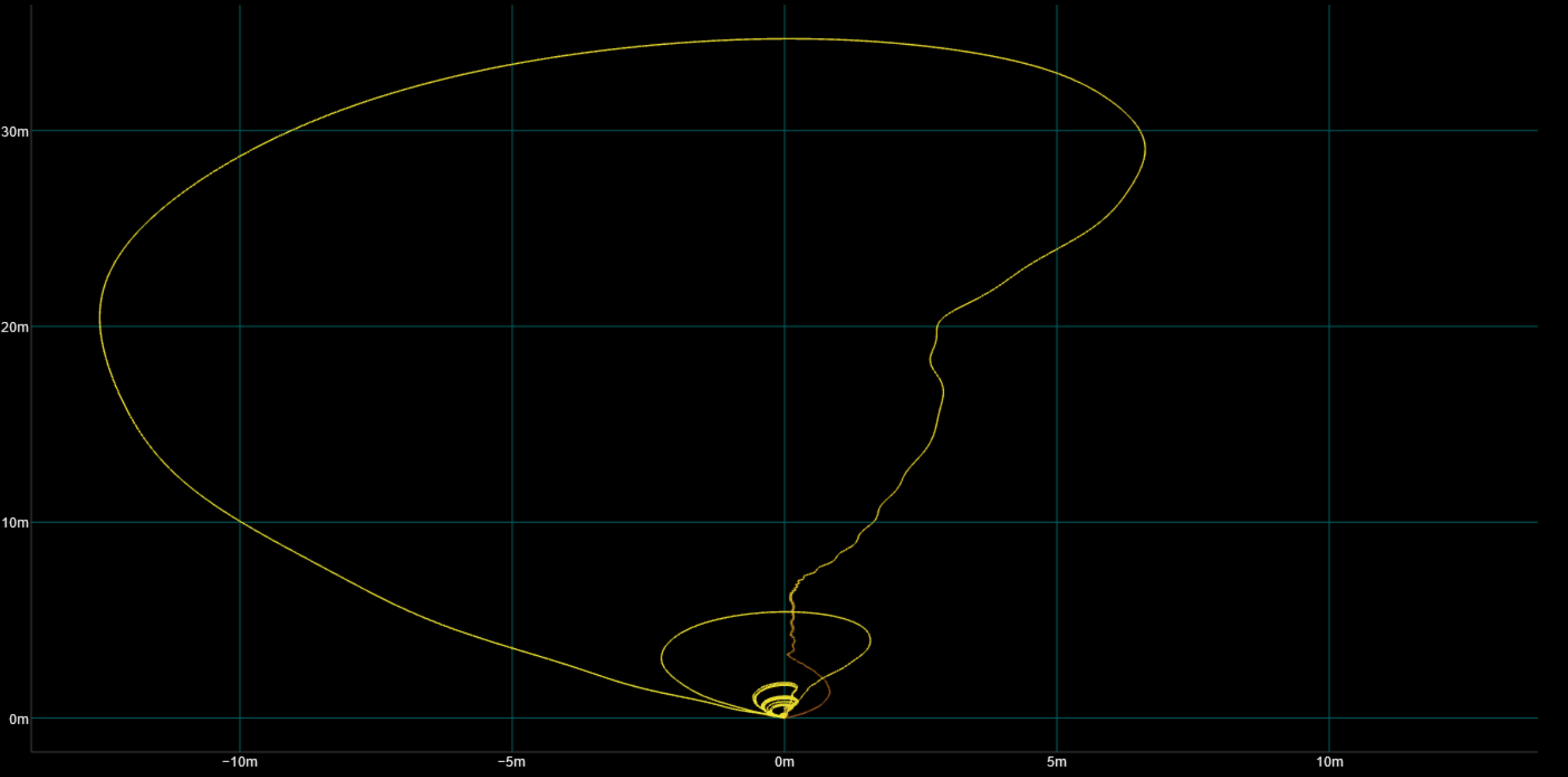
Скорость изменения величины сигнала моды







Закреть





17.11.2022, 12:35:20,0



Настройки данных



500 km





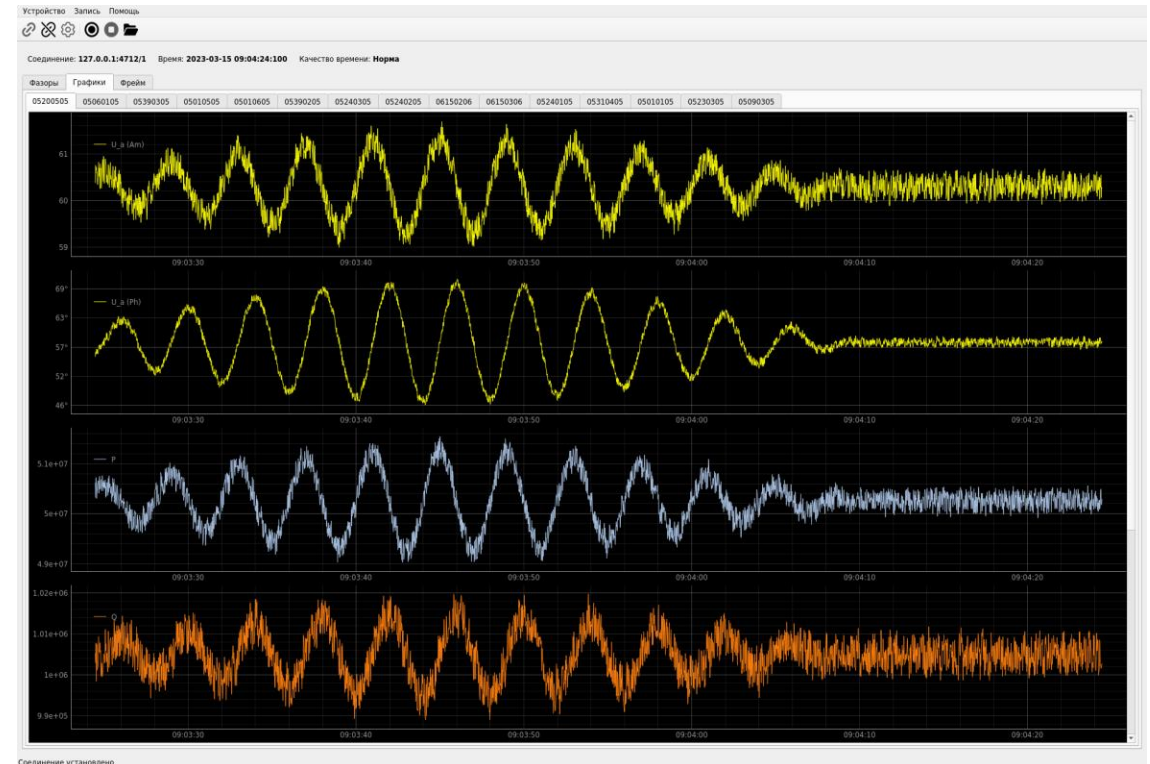
# ТЕСТИРОВАНИЕ

Набор тестовых данных (датасет) – совершенствование методологии анализа НЧК и отработка подходов к определению их источника

Функциональное тестирование – «виртуальный СМПР» синтезирование потоков данных согласно С37.118.2

Симуляция пропусков данных, ложноположительных описателей качества, задержек в передаче данных

Генерация данных по упрощенной модели – возможность симуляции случаев масштабных НЧК

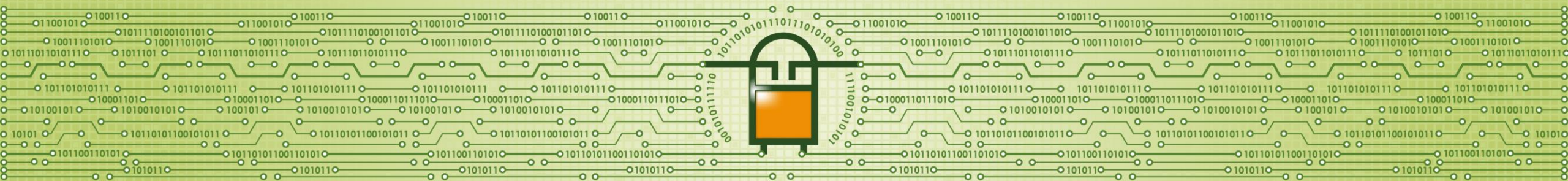


Пример синтезированных данных в потоке С37.118.2



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Одна из **основных задач** применения **СВИ** – **обнаружение в энергосистеме** плохо демпфируемых вынужденных **НЧК** и **поиск их источника** в режиме **онлайн**;
- Обработка **в темпе процесса** требует подхода к эффективному использованию **вычислительных ресурсов** и **масштабированию**, с учетом развития СМПР и **растущего объёма данных**;
- Способ **настройки анализа** в виде **обобщенных вычислительных схем**, которые на уровне пользователя наполняются реализациями подходов к обработке данных, позволяет **совершенствовать используемые методы** и широко применять инструмент **в исследовательских задачах**;
- Выполнение **анализа онлайн** с отображением **результатов в информативной форме**, позволяет оценивать реакцию на принятые оперативно-диспетчерские действия, что относит систему к классу систем **поддержки принятия решений**;
- Совершенствование применяемых и создание новых методов исследования колебаний требует **развития инструментов тестирования и верификации**, например, по архивам измерений случаев НЧК с достоверно известными параметрами и источником НЧК.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**Родионов Андрей** [a.rodionov@ens.ru](mailto:a.rodionov@ens.ru)



**enip2.ru**