



**“Анализ чувствительности
осцилляционных реакторных
экспериментов со средней базой к
иерархии масс нейтрино”**



Научный руководитель: *Олег Титов*
НИЦ КИ
Студент: *Даниэль Попов*

Мотивация

Решение проблемы иерархии масс важно для построения теоретических моделей масс и смешивания нейтрино, поиска CP-нарушения в лептонном секторе, более точного моделирования астрофизических процессов.

Цель работы

Провести анализ чувствительности реакторных экспериментов к иерархии масс, а именно:

- Влияние энергетического разрешения детектора
- Влияние топливного состава реактора
- Влияние спектральных искажений

Предложить метод обработки результатов измерений.



**Бруно
Понтекорво**

Нейтринные осцилляции - *периодический* процесс, при котором пучок нейтрино определенного сорта, двигаясь в вакууме или в веществе, полностью или частично превращается в пучок нейтрино другого сорта.

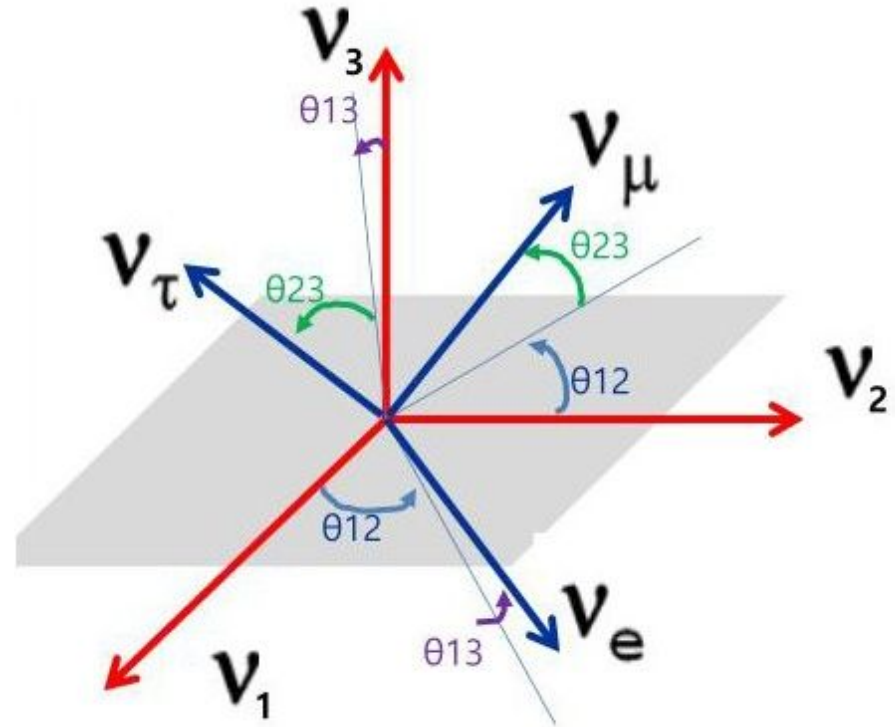
Необходимые условия:

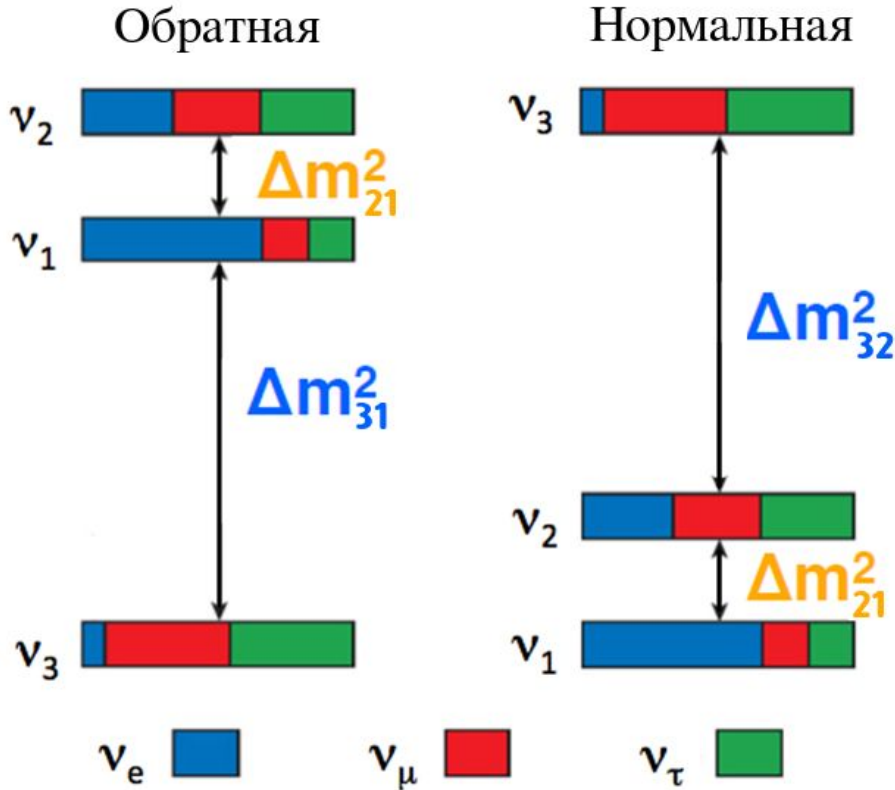
1. Наличие у нейтрино ненулевой массы
2. Смешивание нейтринных состояний

Механизм смешивания

$$\begin{pmatrix} |\nu_e\rangle \\ |\nu_\mu\rangle \\ |\nu_\tau\rangle \end{pmatrix} = \mathbf{U}_{\text{PMNS}} \begin{pmatrix} |\nu_1\rangle \\ |\nu_2\rangle \\ |\nu_3\rangle \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U}_{\text{PMNS}} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} \end{pmatrix}$$



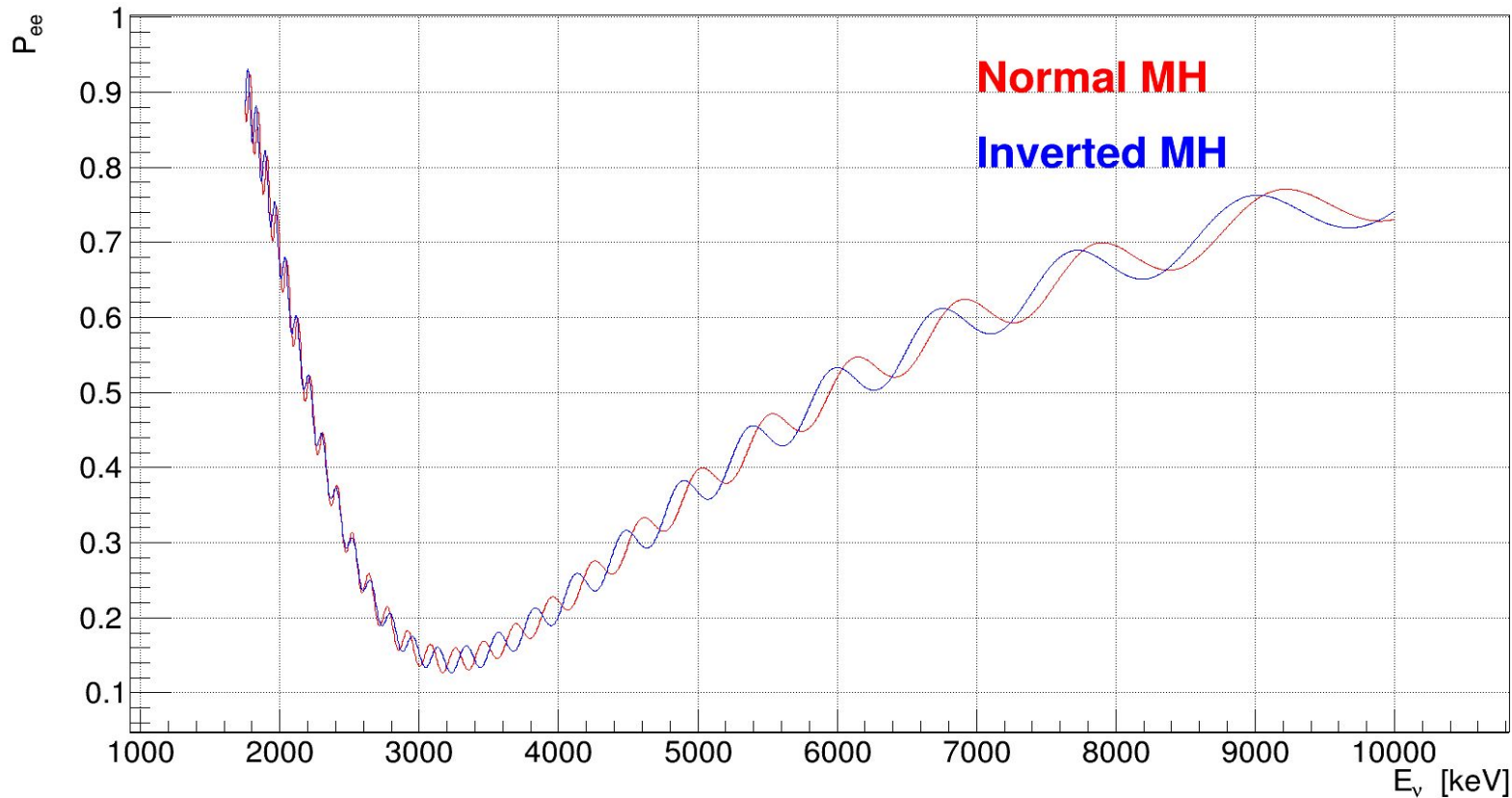


Измерены Δm_{21}^2 , углы смешивания θ_{ij} и $|\Delta m_{32}^2|$.

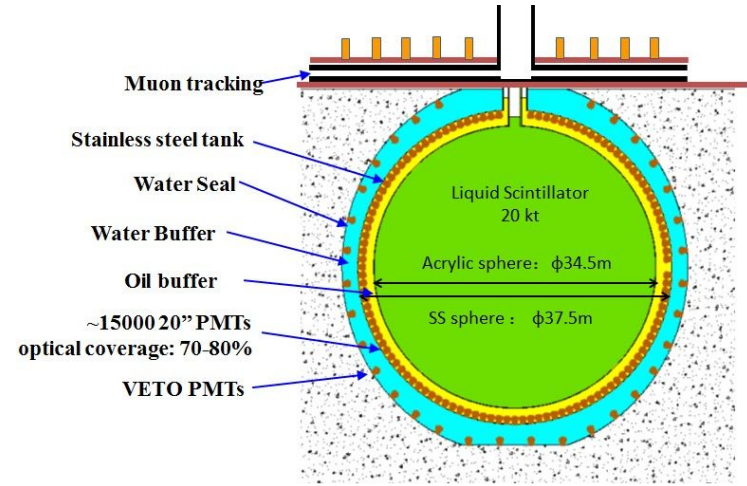
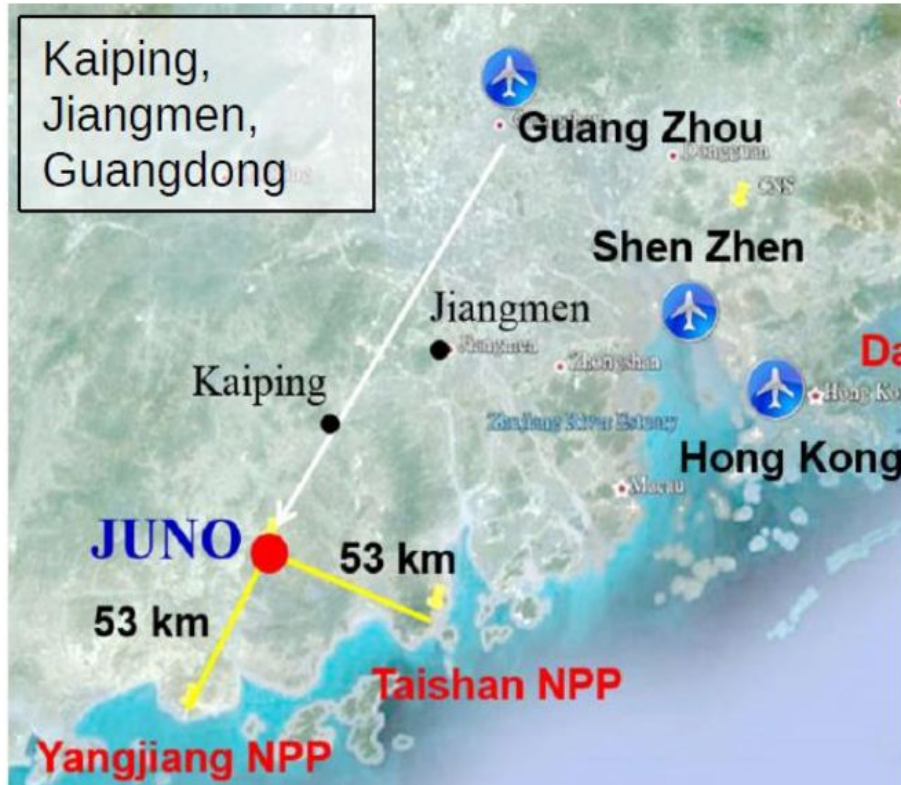
Неизвестно, какая иерархия реализуется в природе:

$m_3 > m_2$ или $m_3 < m_2$?

Вероятность выживания P_{ee} , $L=53$ km

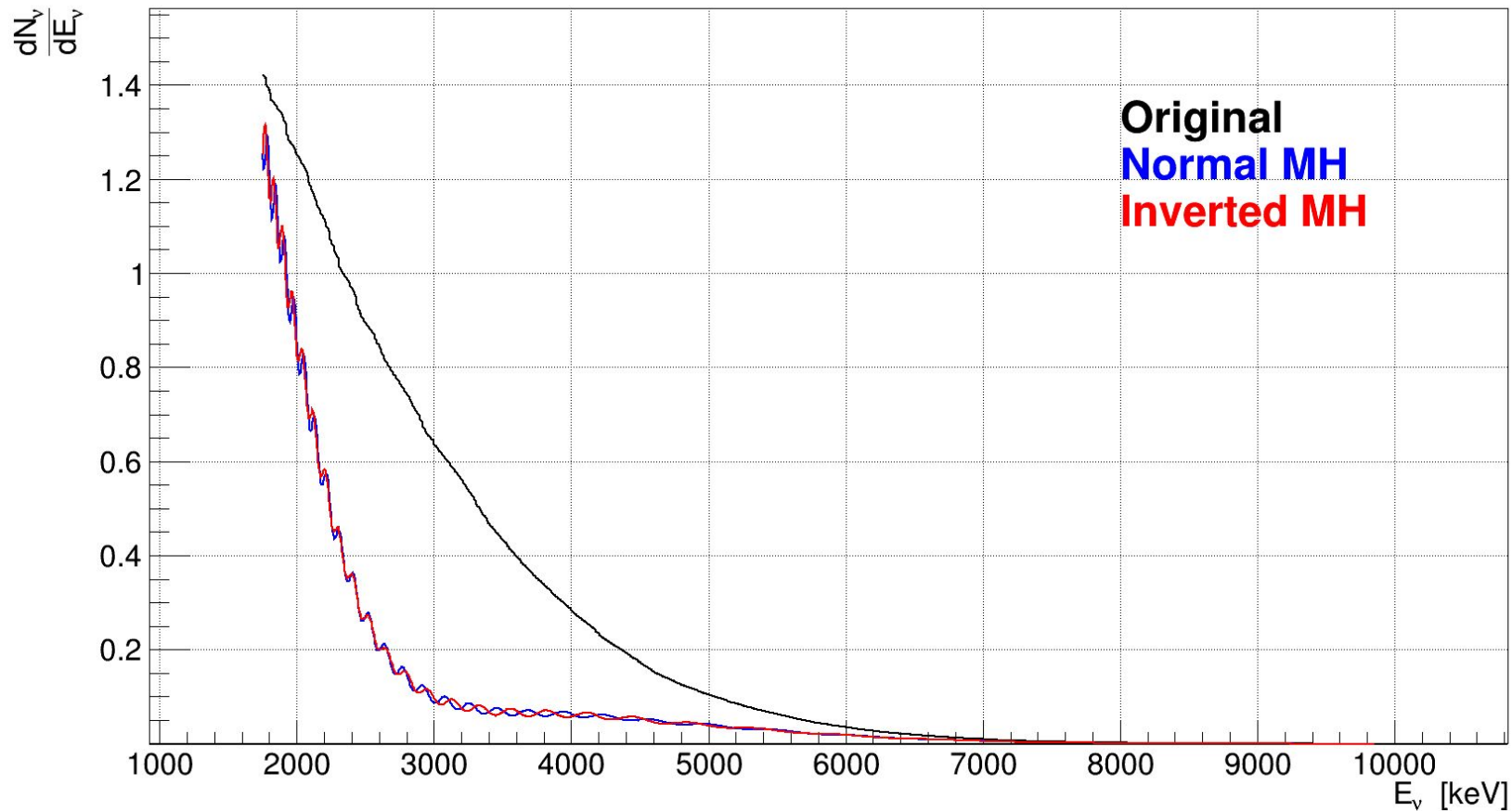


Эксперимент JUNO

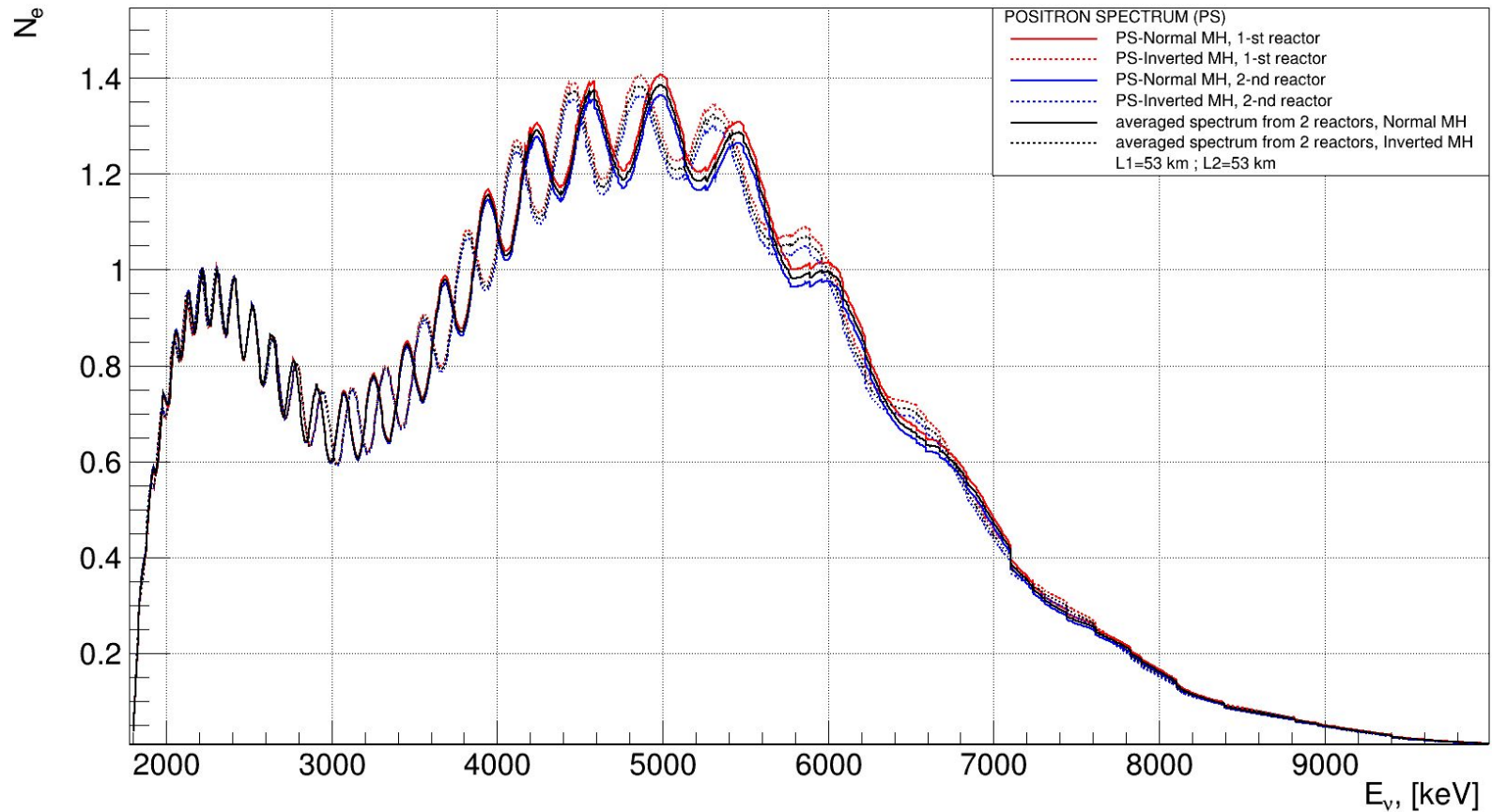


Энергетическое разрешение - 3% для энергии 1 MeV.
Планируется определить знак и значение Δm_{31}^2 , уточнить значения Δm_{21}^2 и θ_{12} .

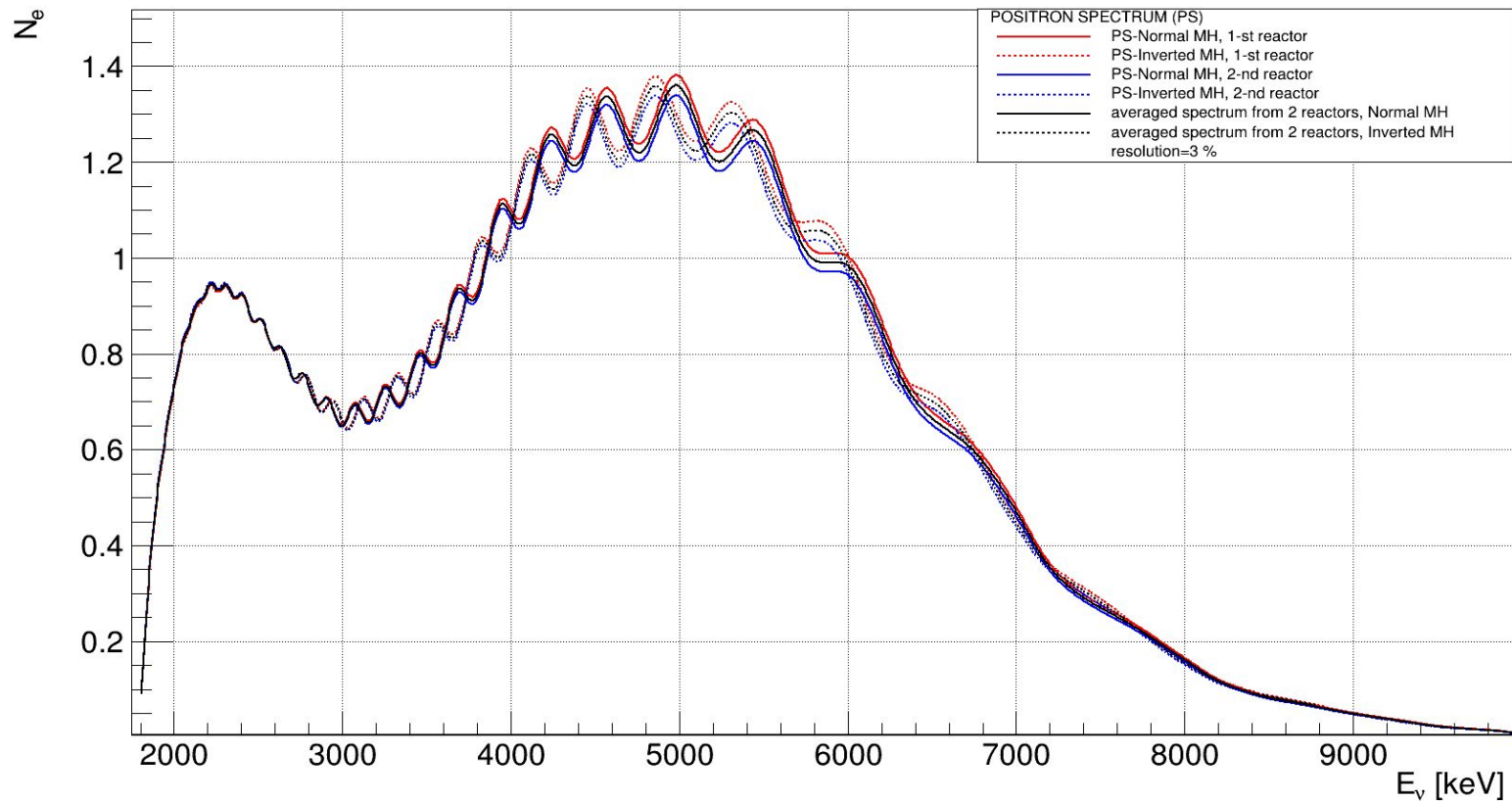
Спектры реакторных антинейтрино



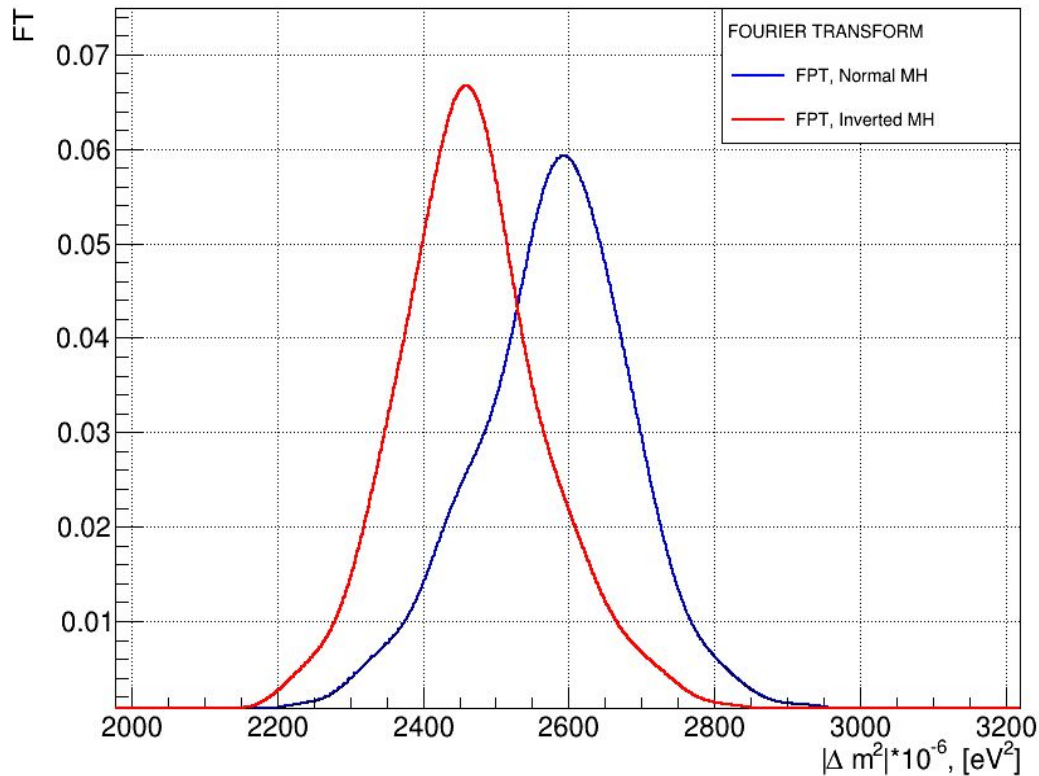
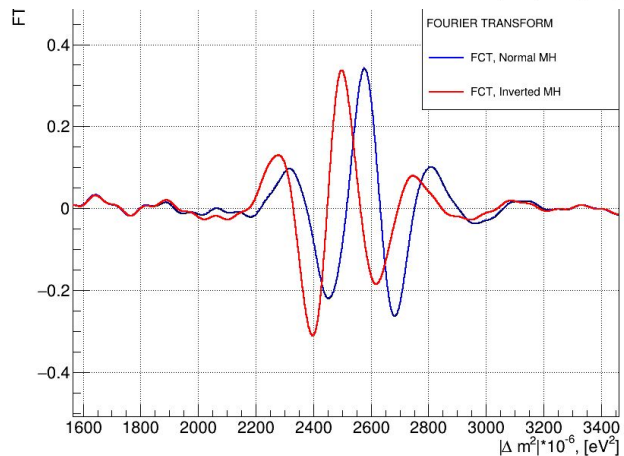
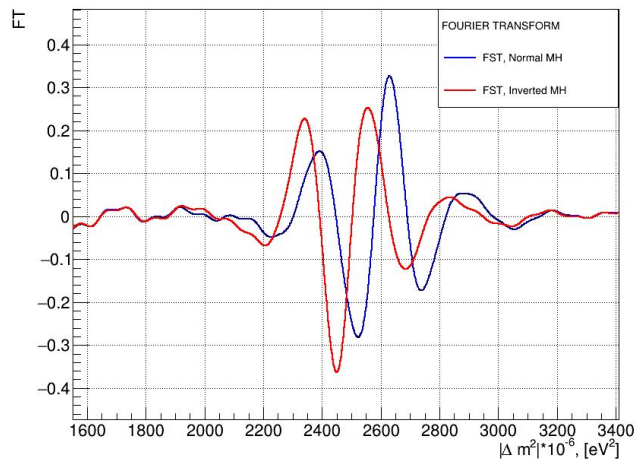
Спектры ОБР



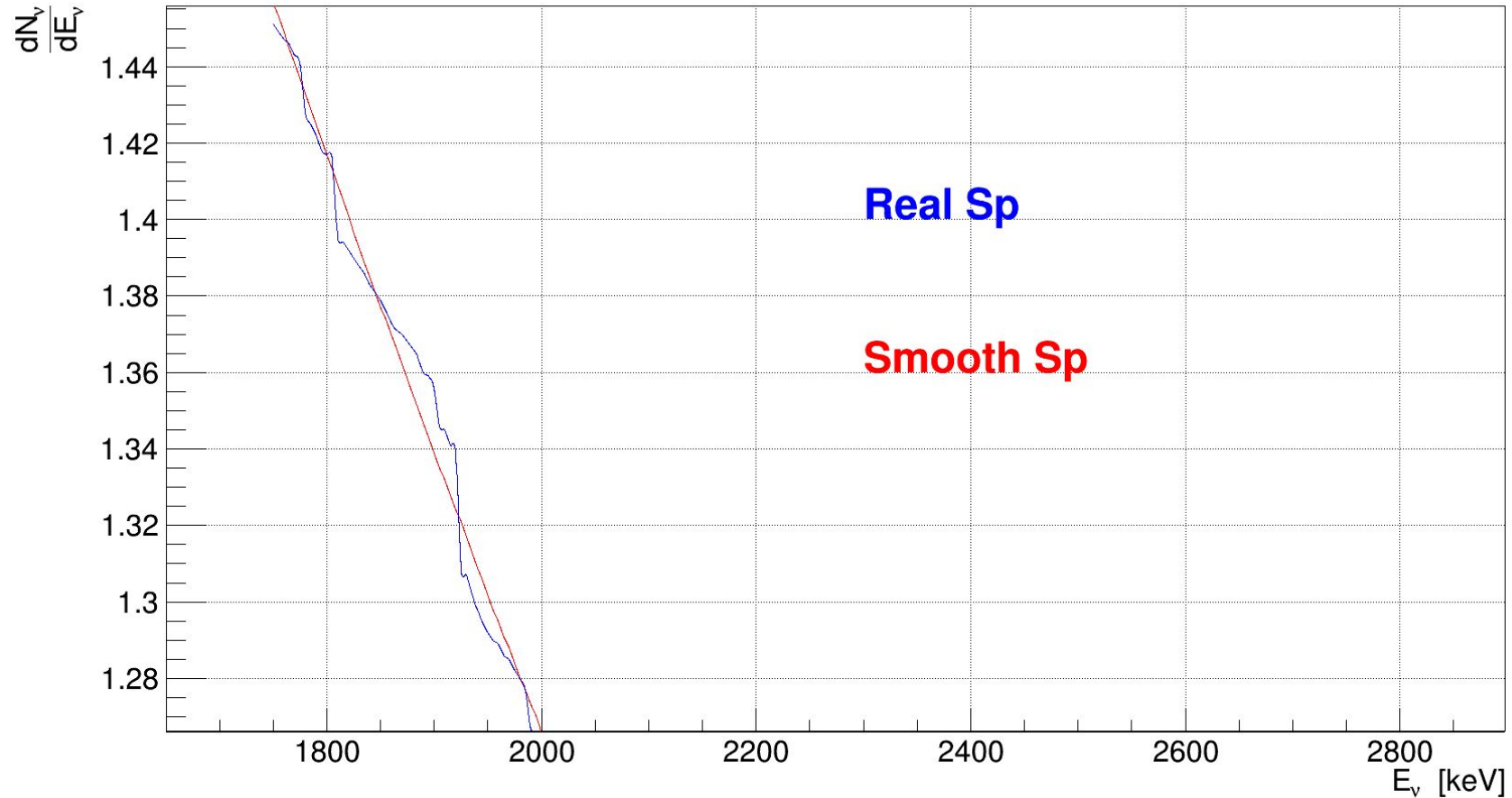
Влияние энергетического разрешения детектора



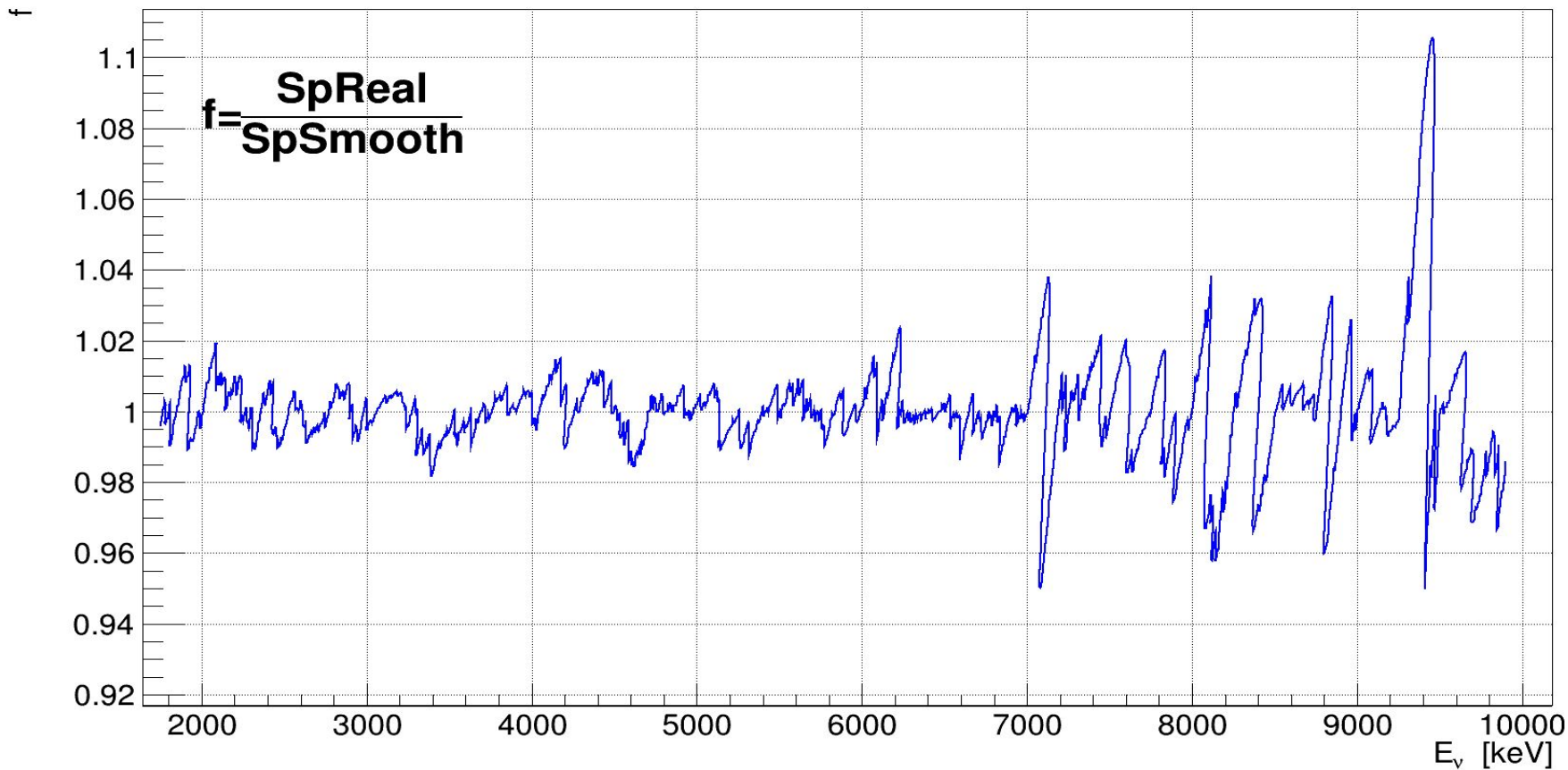
Спектральный анализ: Фурье-образы



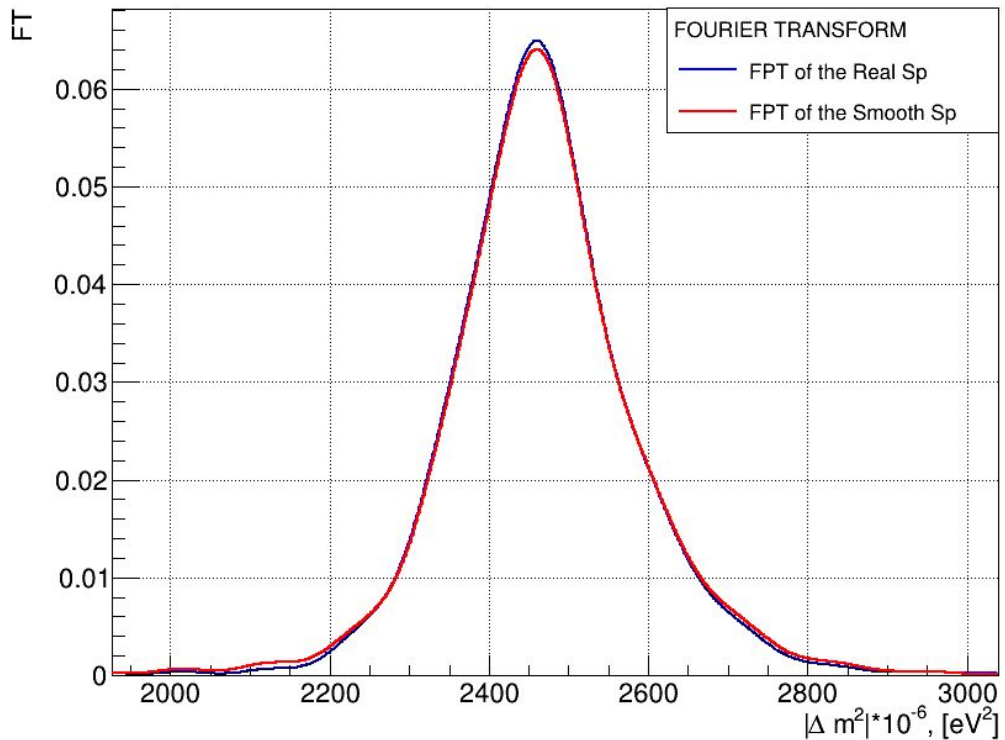
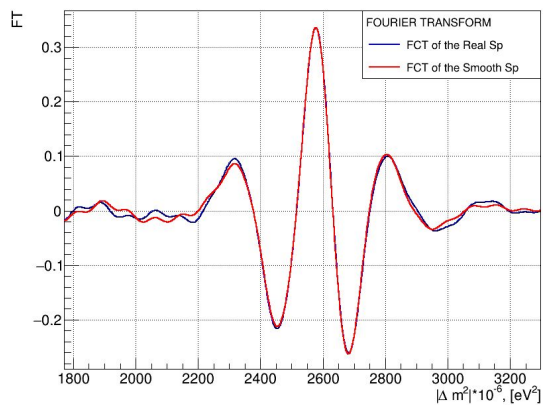
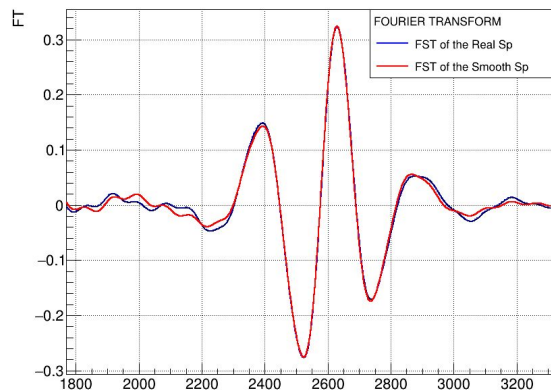
Спектральные искажения



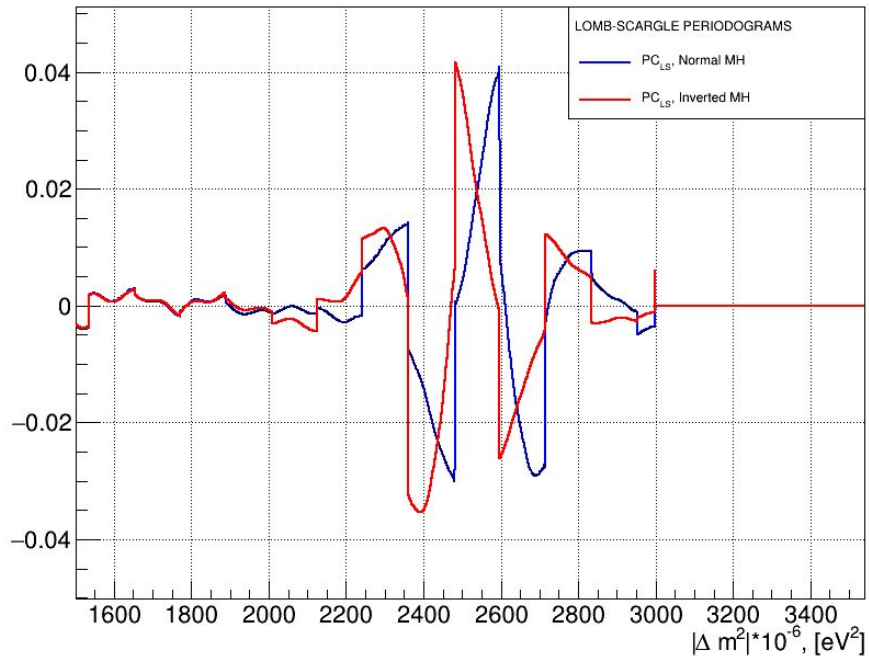
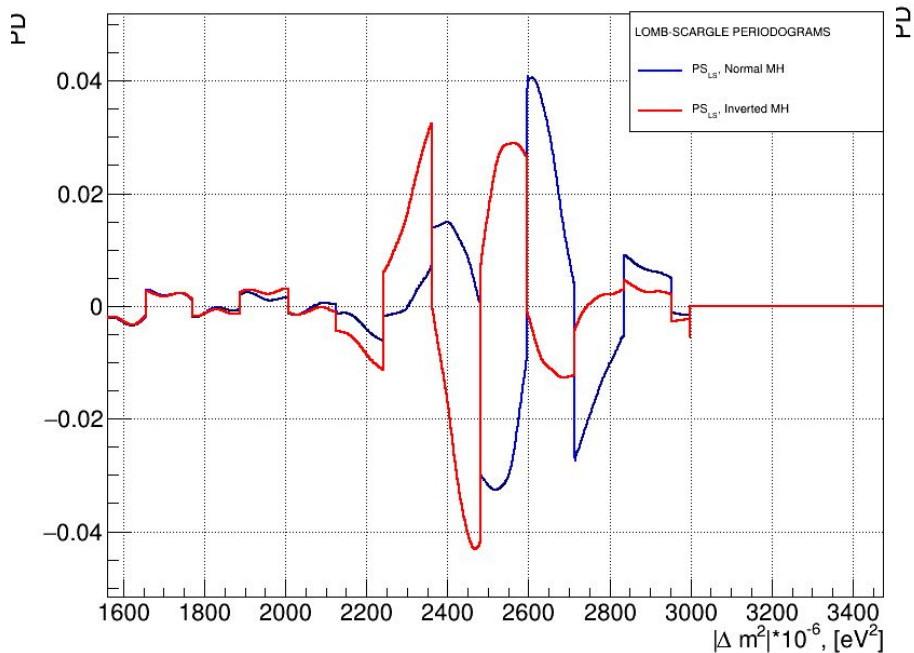
Спектральные искажения

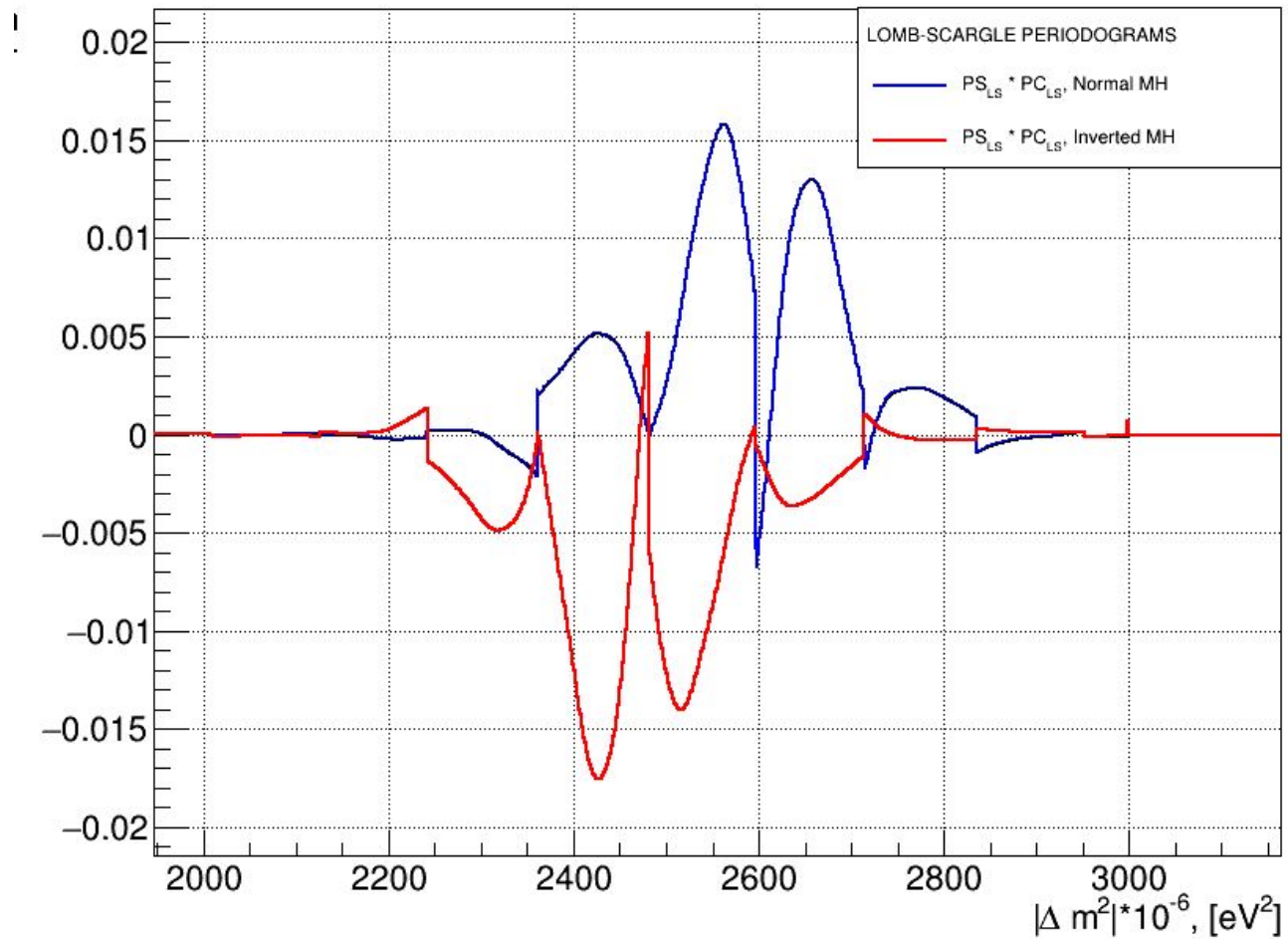


Влияние спектральных искажений



Спектральный анализ: *периодограммы*





Заключение

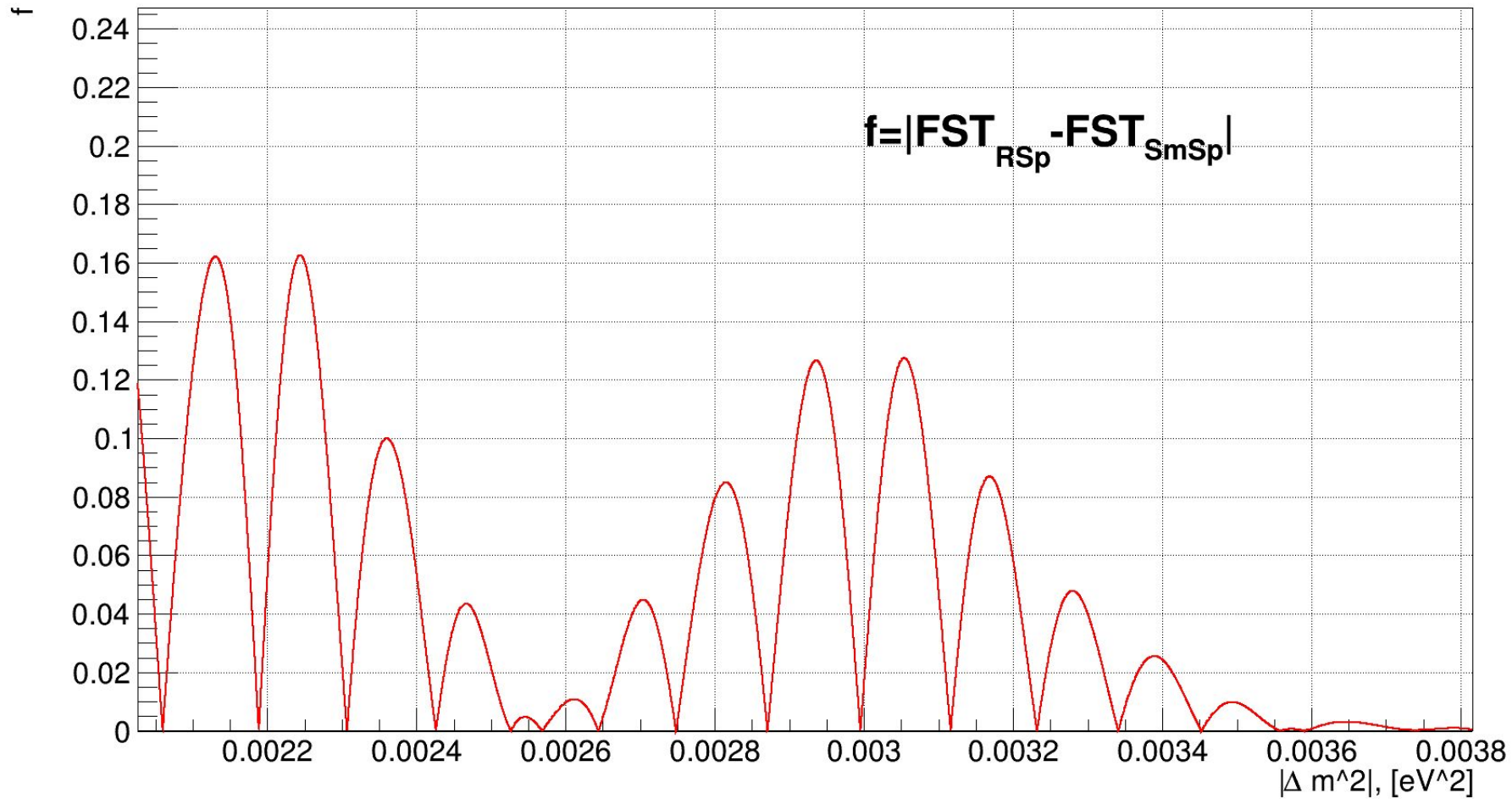
- Предложен способ спектрального анализа для определения иерархии (периодограммы Ломба-Скэргла)
- Проведена оценка влияния энергетического разрешения
- Проведена оценка влияния спектральных искажений
- Проведена оценка влияния топливного состава реактора

Дальнейшие работы направлены на совершенствование периодограммной техники, разработки новых способов анализа и решению обратной задачи - определения топливного состава реактора по спектрам ОБР.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

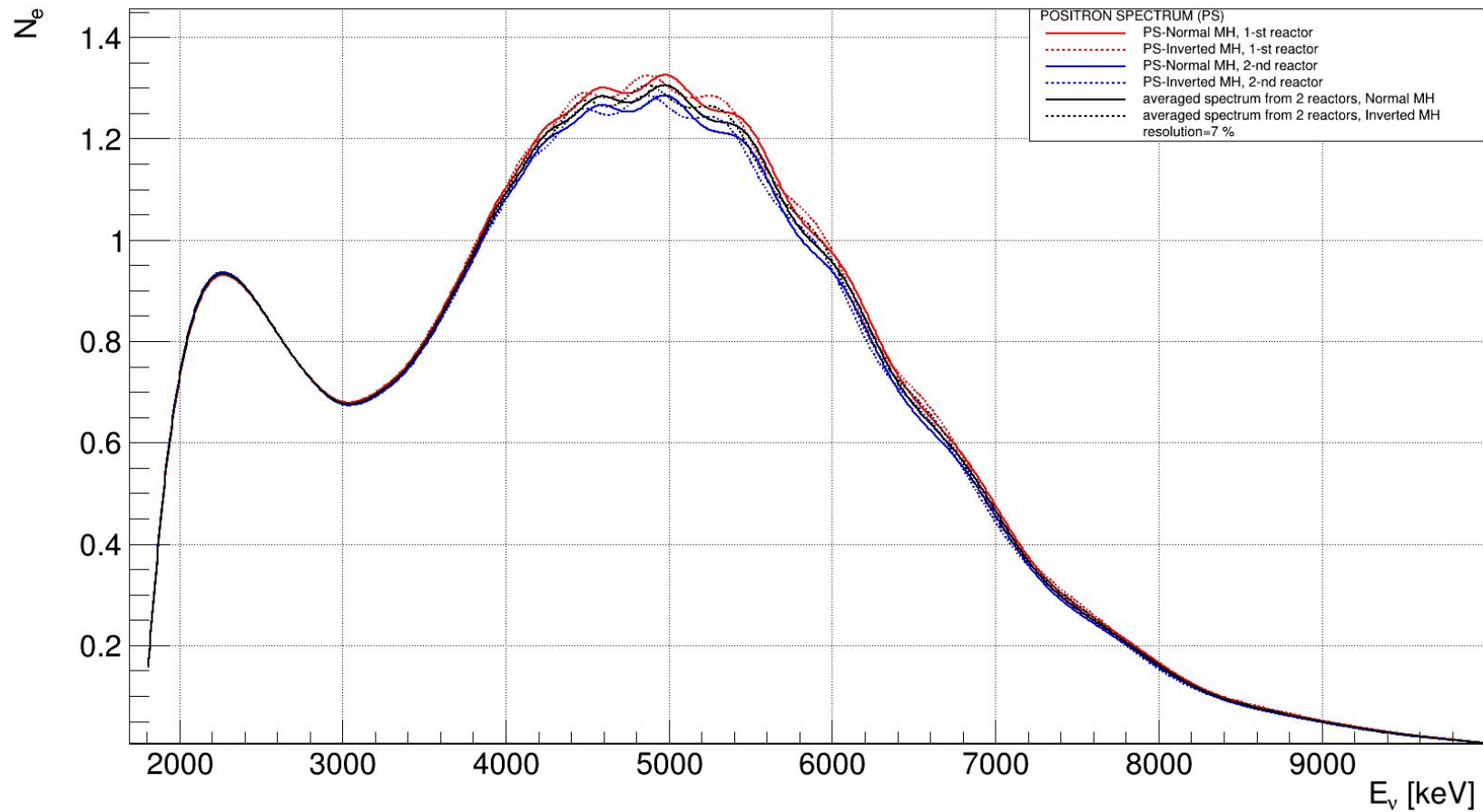


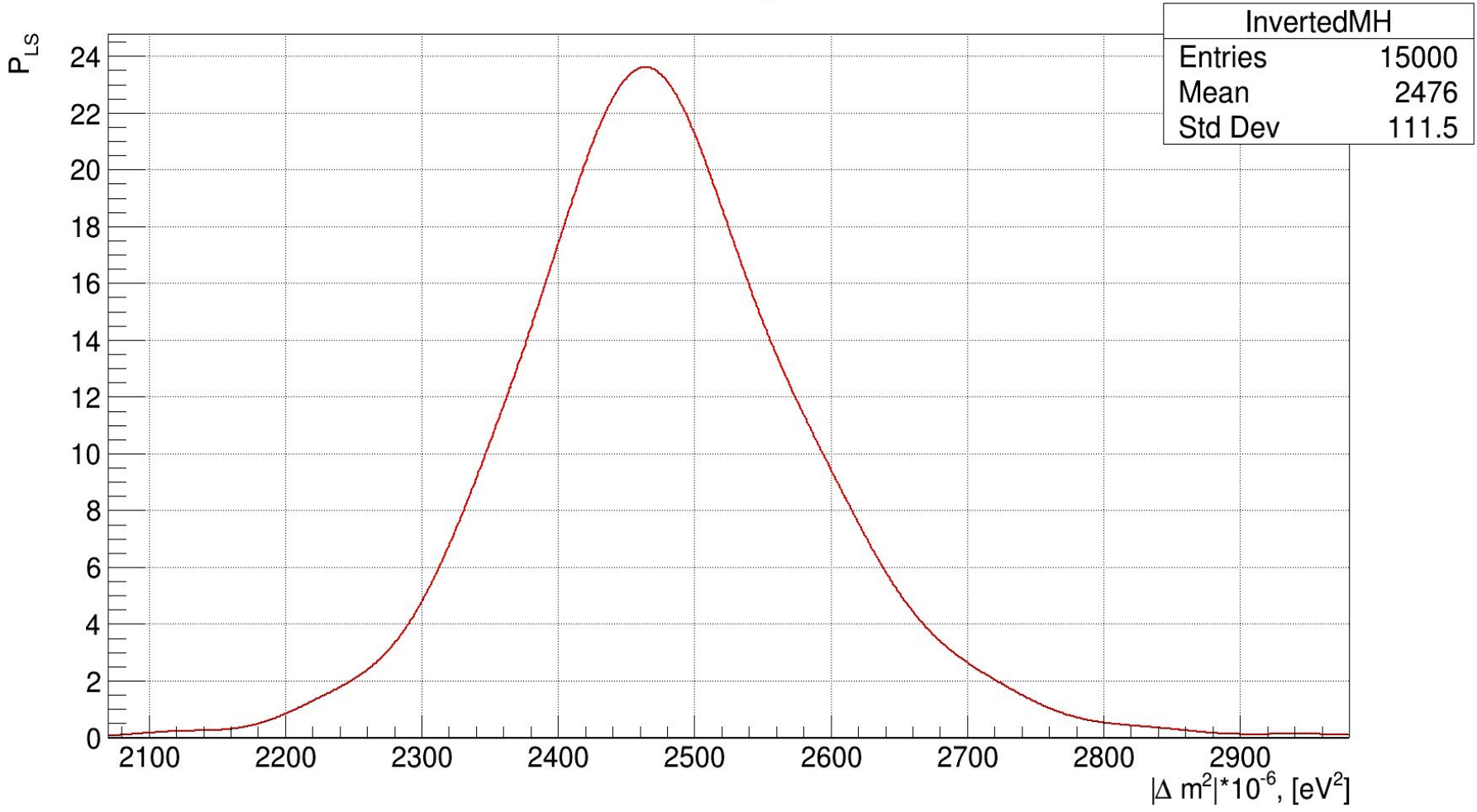
Illustration: © Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences



$$P_{ee} = 1 - \sin^2 2\theta_{13} (\cos^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{31} + \sin^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{32}) - \cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{12} \sin^2 \Delta_{21}$$

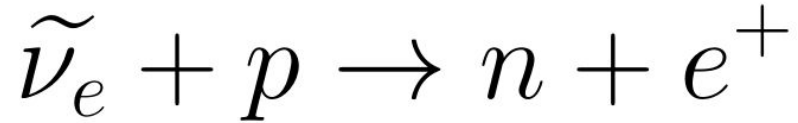
$$\Delta_{ij} = 1.267 \Delta m_{ij}^2 [\text{eV}^2] \frac{L[\text{M}]}{E[\text{MeV}]}$$





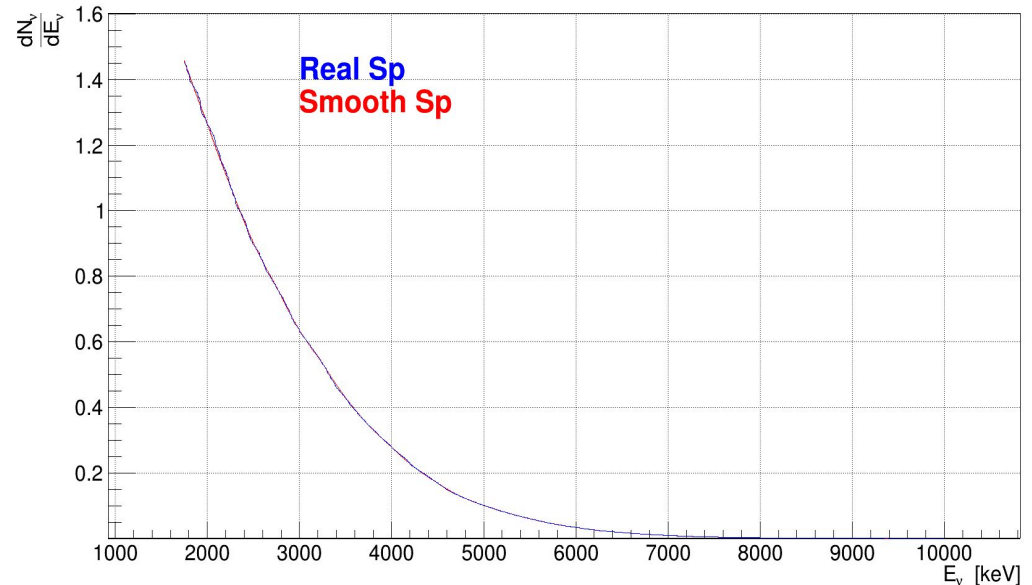
Реакторные эксперименты

Реактор - источник электронных антинейтрино с энергиями < 10 МэВ, которые регистрируются по реакции обратного бета-распада:

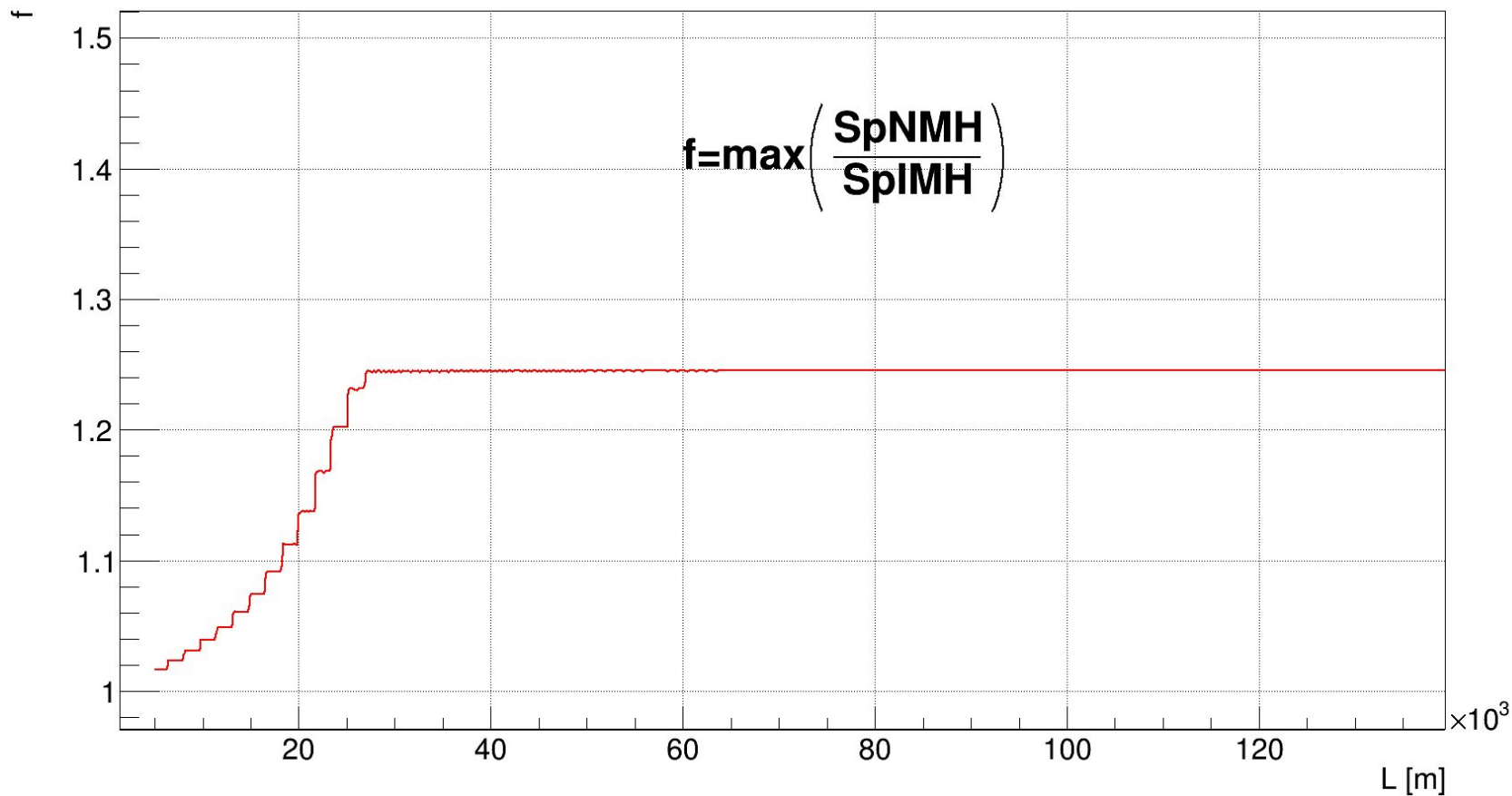


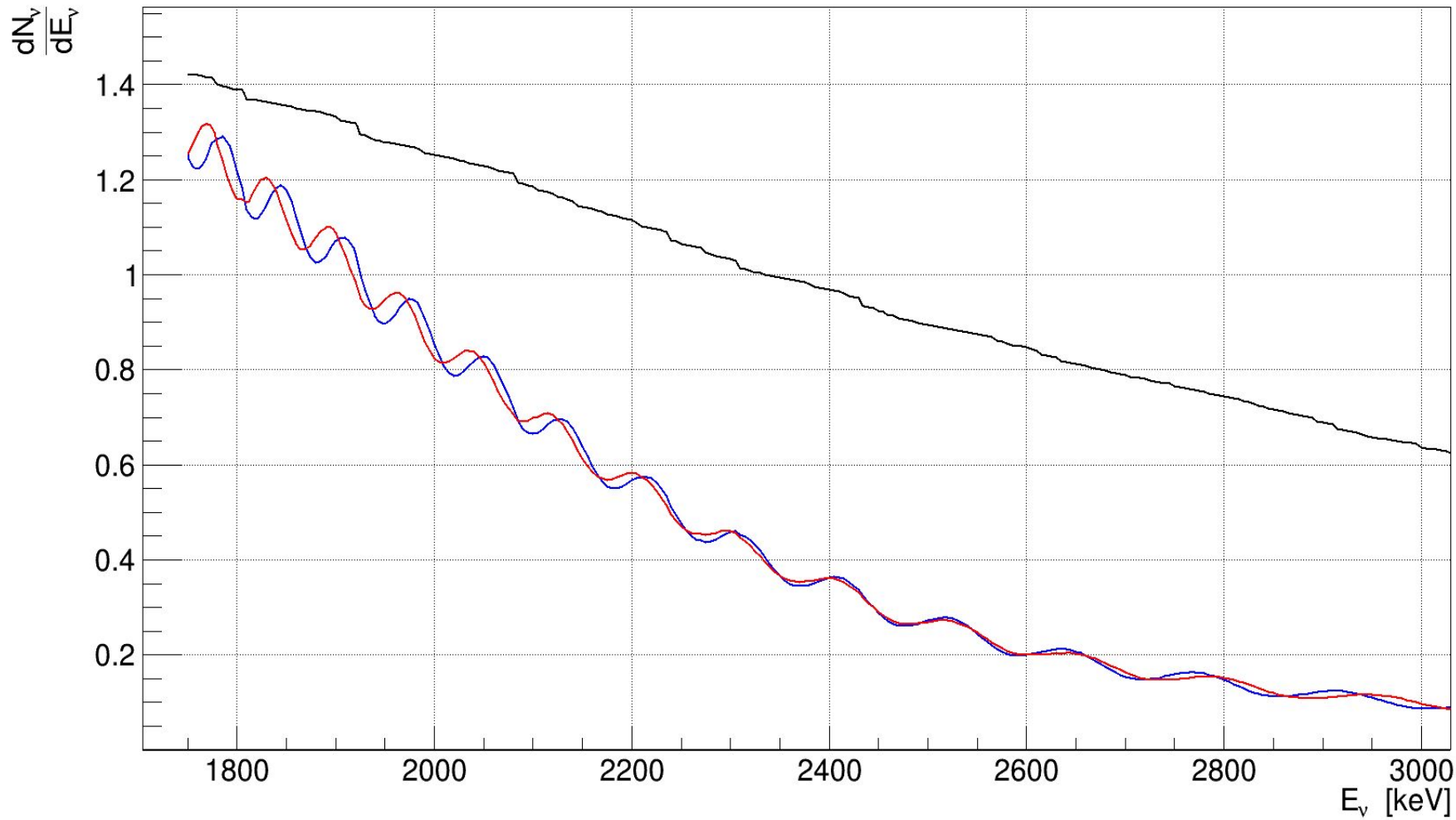
$$E_{\bar{\nu}_e \text{ порог}} = 1.806 \text{ MeV}$$

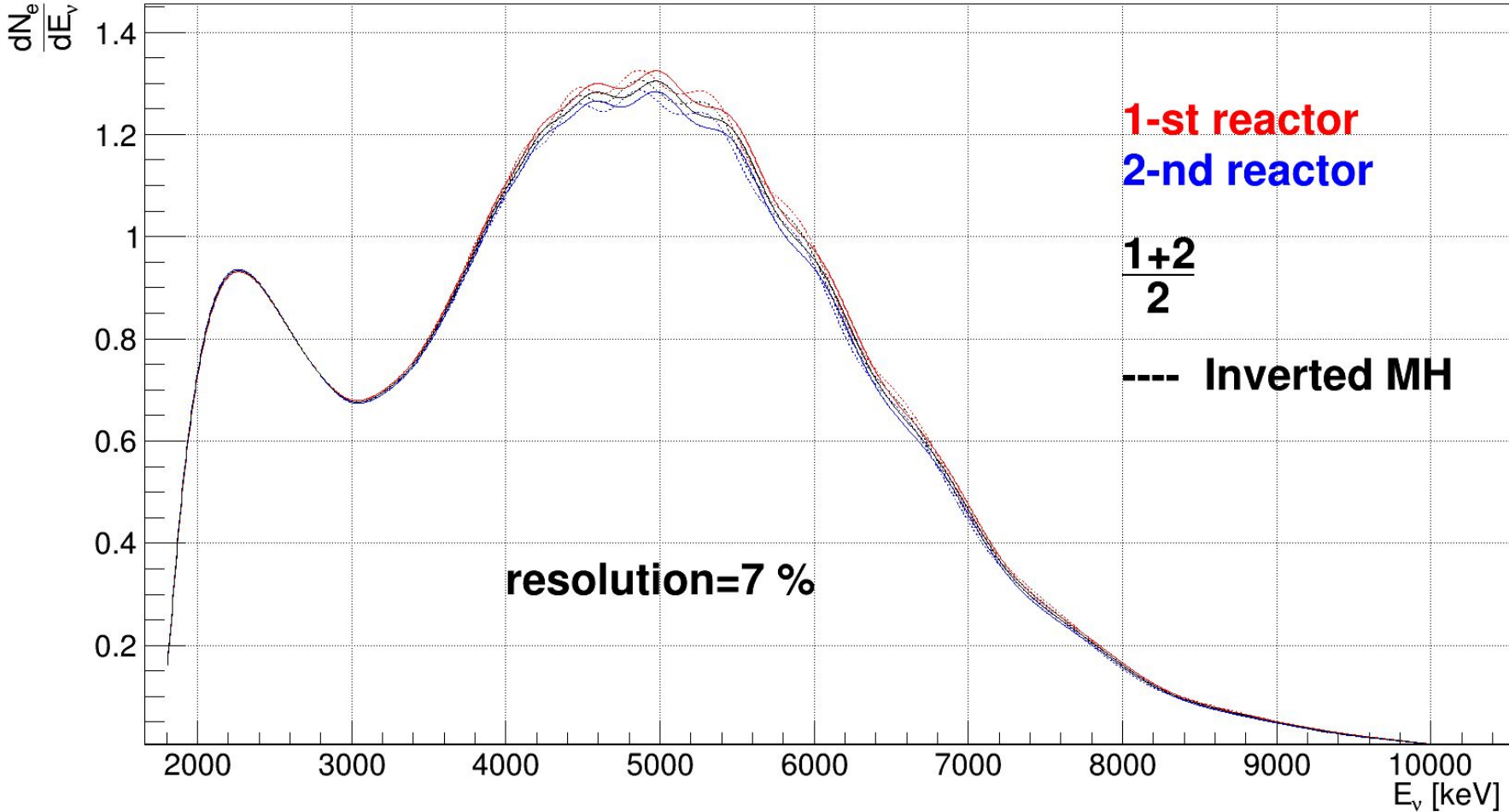
Проблема спектральных искажений

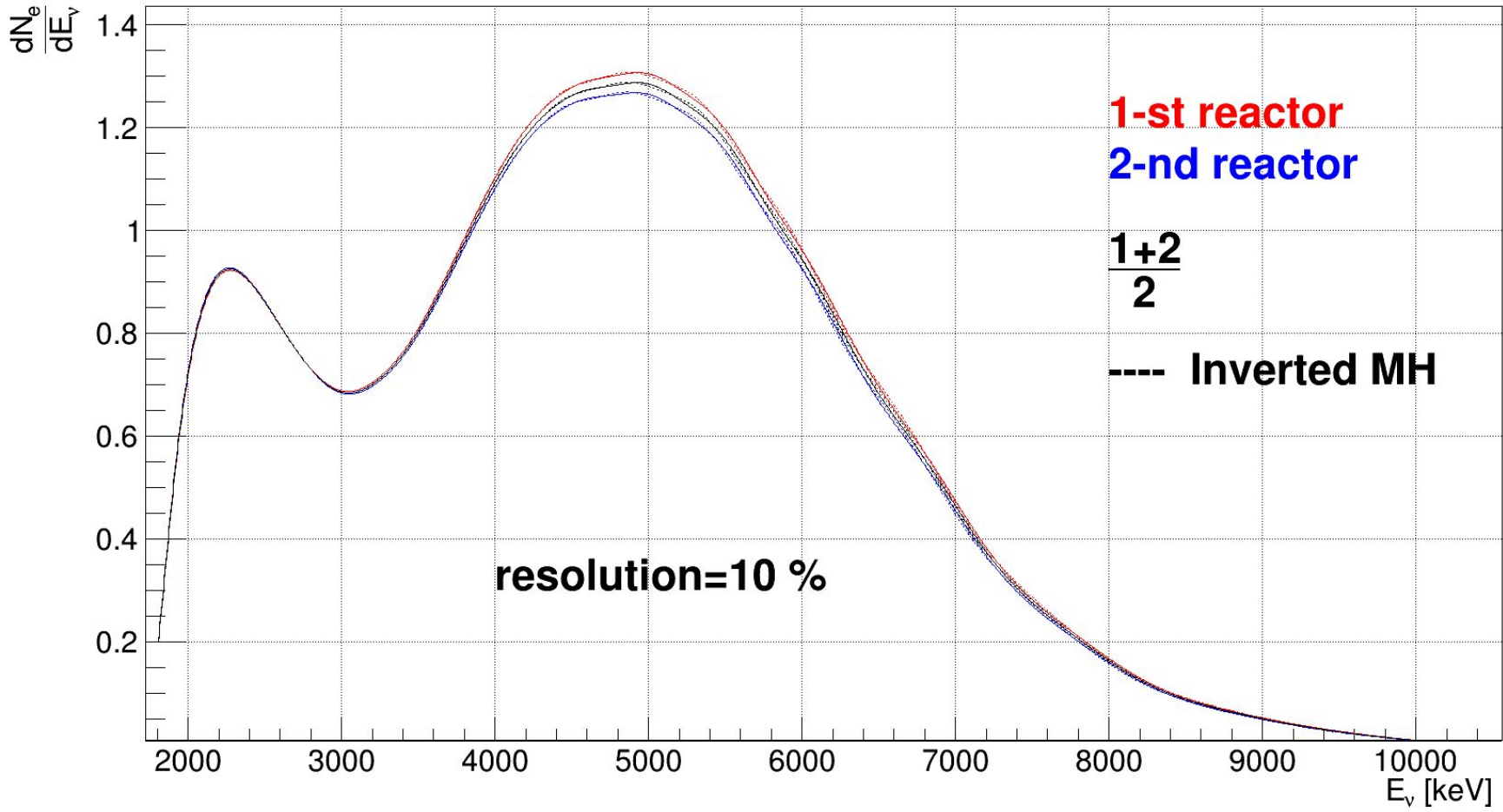


Отношение амплитуд осцилляций в зависимости от пройденного расстояния









Матрица PMNS