

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Уточнение параметров в ксеноновых
процессах в реакторах типа ВВЭР-1000 при
помощи экспериментальных данных с
использованием метрического анализа и
методов Монте-Карло по схеме Марковской
цепи

Студент группы Б13-502

Орехов А.А.

Научный руководитель

Крянев А.В.

Консультант

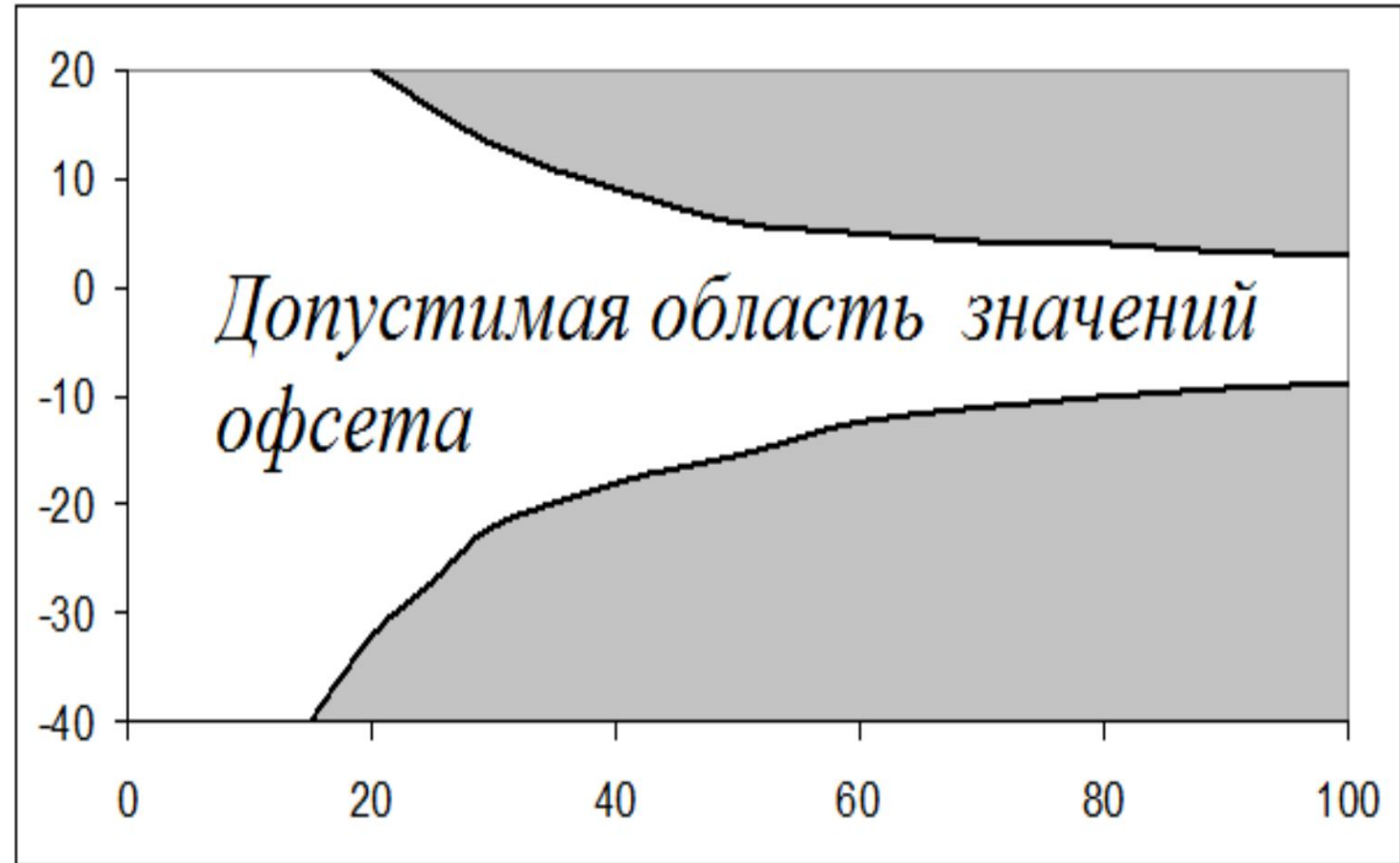
Пинегин А.А.

Ксеноновые переходные процессы

Аксиальный офсет энергоснабжения (Of^{ax}) определяется как отношение разницы энергоснабжения в верхней и нижней частях активной зоны, отнесенной к суммарному энергоснабжению активной зоны

$$Of^{ax}(t) = \frac{W_{up} - W_{down}}{W_{up} + W_{down}},$$

где W_{up} - суммарное энергоснабжение в верхней части активной зоны;
 W_{down} - суммарное энергоснабжение в нижней части активной зоны.



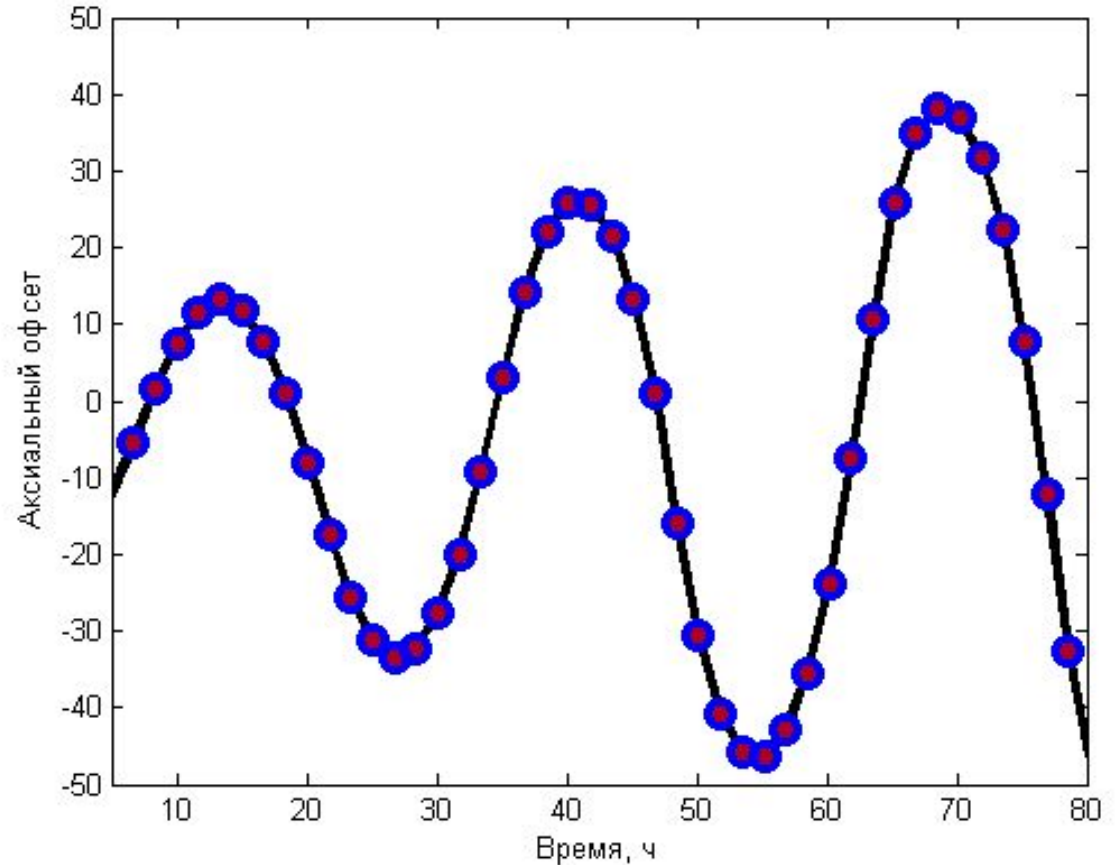
Постановка задачи

Аксиальный офсет энергосвечения (Of^{ax}) определяется как отношение разности энергосвечения в верхней и нижней частях активной зоны, отнесенной к суммарному энергосвечению активной зоны

$$Of^{ax}(t) = \frac{W_{up} - W_{down}}{W_{up} + W_{down}},$$

где W_{up} - суммарное энергосвечение в верхней части активной зоны;

W_{down} - суммарное энергосвечение в нижней части активной зоны.



Метод Байеса

$$p(\vec{u} | \vec{f}_{\text{эксн}}) = \frac{p(\vec{u}) p(\vec{f}_{\text{эксн}} | \vec{u})}{\int p(\vec{u}) p(\vec{f}_{\text{эксн}} | \vec{u}) d\vec{u}}$$

Уравнение определяет энергосоответствие между энергией протона и энергией нейтрона. Энергия протона E_p и энергия нейтрона E_n связаны соотношением $E_p = E_n + 2m_0c^2$, где m_0 — масса покоя нейтрона. Энергия протона E_p и энергия нейтрона E_n связаны соотношением $E_p = E_n + 2m_0c^2$, где m_0 — масса покоя нейтрона.

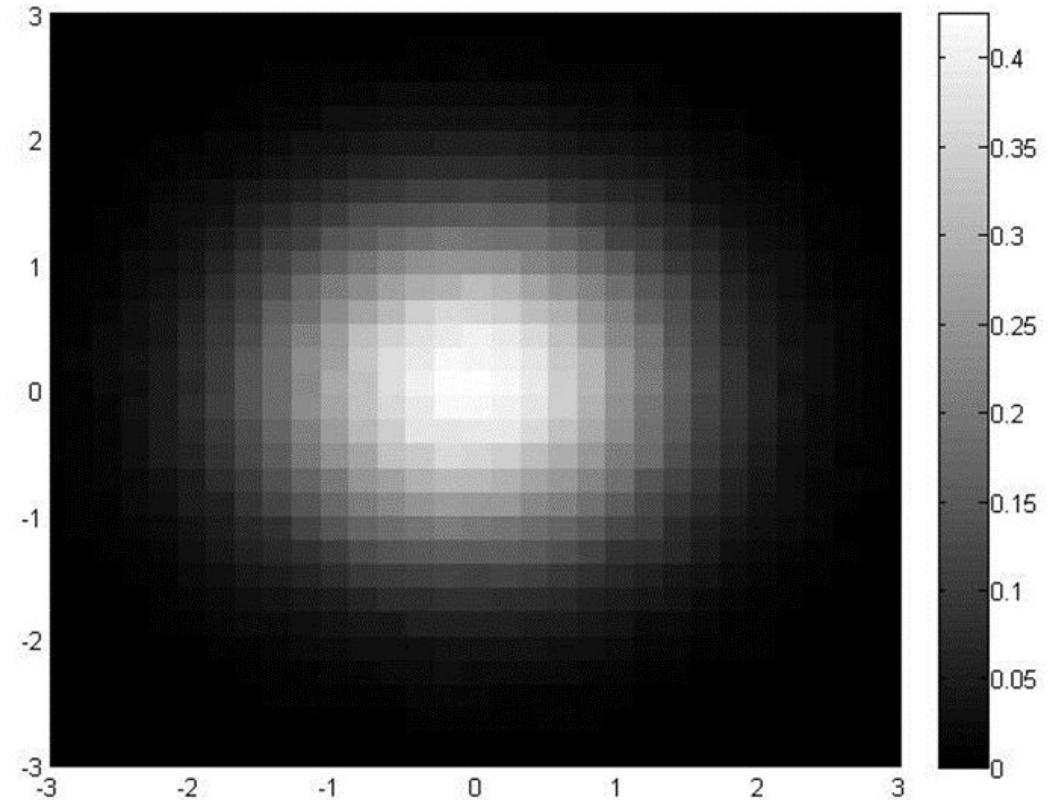
Уравнение определяет энергосоответствие между энергией протона и энергией нейтрона. Энергия протона E_p и энергия нейтрона E_n связаны соотношением $E_p = E_n + 2m_0c^2$, где m_0 — масса покоя нейтрона. Энергия протона E_p и энергия нейтрона E_n связаны соотношением $E_p = E_n + 2m_0c^2$, где m_0 — масса покоя нейтрона.

Решение задачи Байеса с помощью методов Монте-Карло по схеме Марковской цепи

Аксиальный офсет энерговыделения (Of^{ax}) определяется как отношение разницы энерговыделения в верхней и нижней частях активной зоны, отнесенной к суммарному энерговыделению активной зоны

$$Of^{ax}(t) = \frac{W_{up} - W_{down}}{W_{up} + W_{down}},$$

где W_{up} - суммарное энерговыделение в верхней части активной зоны;
 W_{down} - суммарное энерговыделение в нижней части активной зоны.



Интерполяция функций многих переменных с помощью схем, основанных на метрическом анализе

Аксиальный офсет энерговыделения (Of^{ax}) определяется как отношение разницы энерговыделения в верхней и нижней частях активной зоны, отнесенной к суммарному энерговыделению активной зоны

$$Of^{ax}(t) = \frac{W_{up} - W_{down}}{W_{up} + W_{down}},$$

где W_{up} - суммарное энерговыделение в верхней части активной зоны;

W_{down} - суммарное энерговыделение в нижней части активной зоны;

Модельная задача

Неизвестные параметры:

- 1) Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя
- 2) Коэффициент реактивности по температуре топлива
- 3) Сечение поглощения ксеноном-135 тепловых нейтронов

Используемые функционалы:

- 1) Размах колебаний
- 2) Декремент затухания
- 3) Период колебаний
- 4) Аксиальный офсет при $t=5$ ч

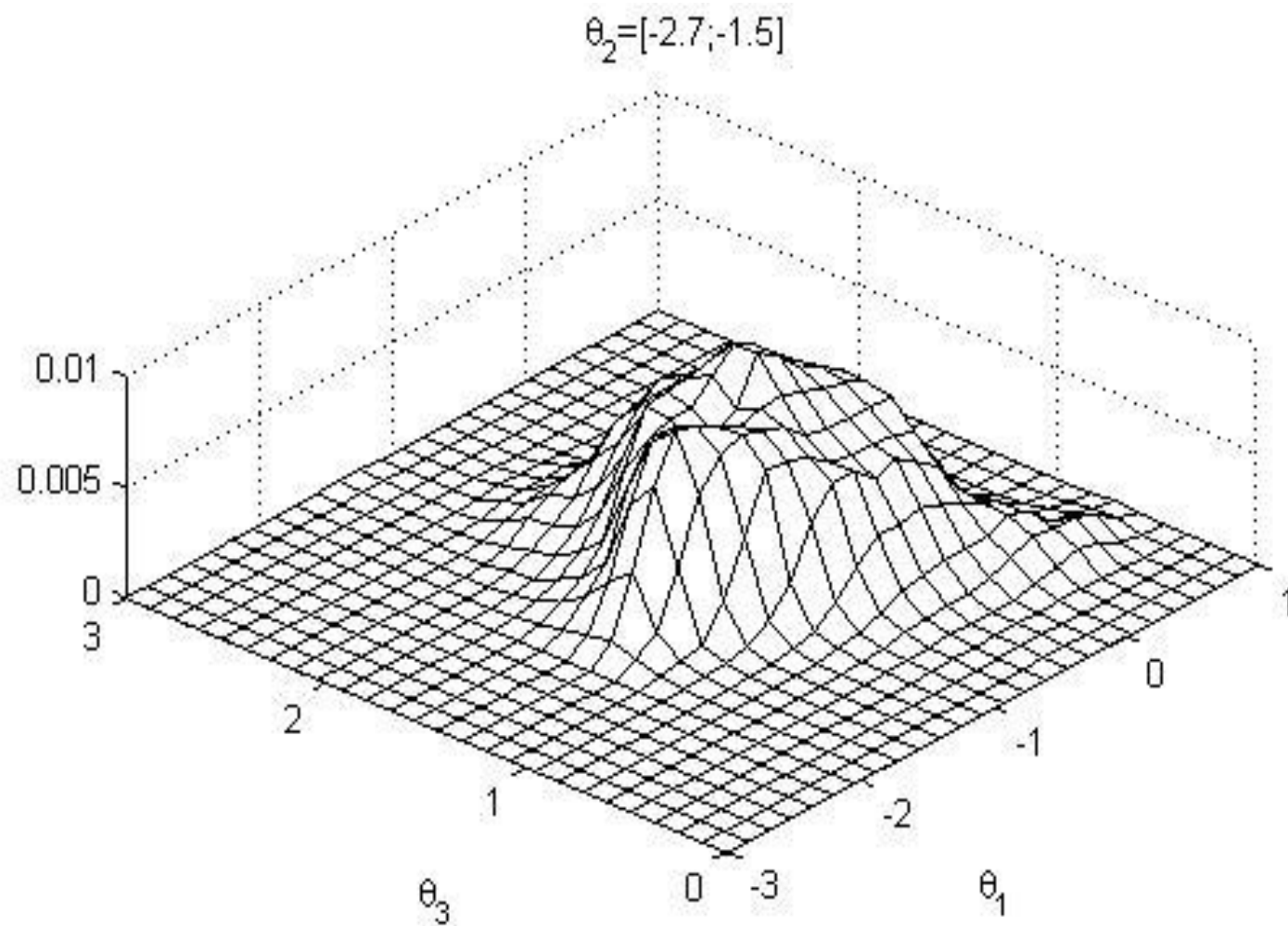
Результаты решения модельной задачи

Номер расчета	<i>ЭКСП</i> u_1	<i>ВОСТ</i> u_1	<i>ЭКСП</i> u_2	<i>ВОСТ</i> u_2	<i>ЭКСП</i> u_3	<i>ВОСТ</i> u_3	Средняя погрешность функционалов, %
1	0.3	0.3	2.1	2.1	2.1	1.7	7.8
2	-1.7	-1.6	-1.4	-1.1	1.7	2	3.3
3	0.7	0.3	-1.8	-1.9	1	1.1	2.3
4	-0.4	-0.8	0.3	-0.3	1.4	0.9	3.8

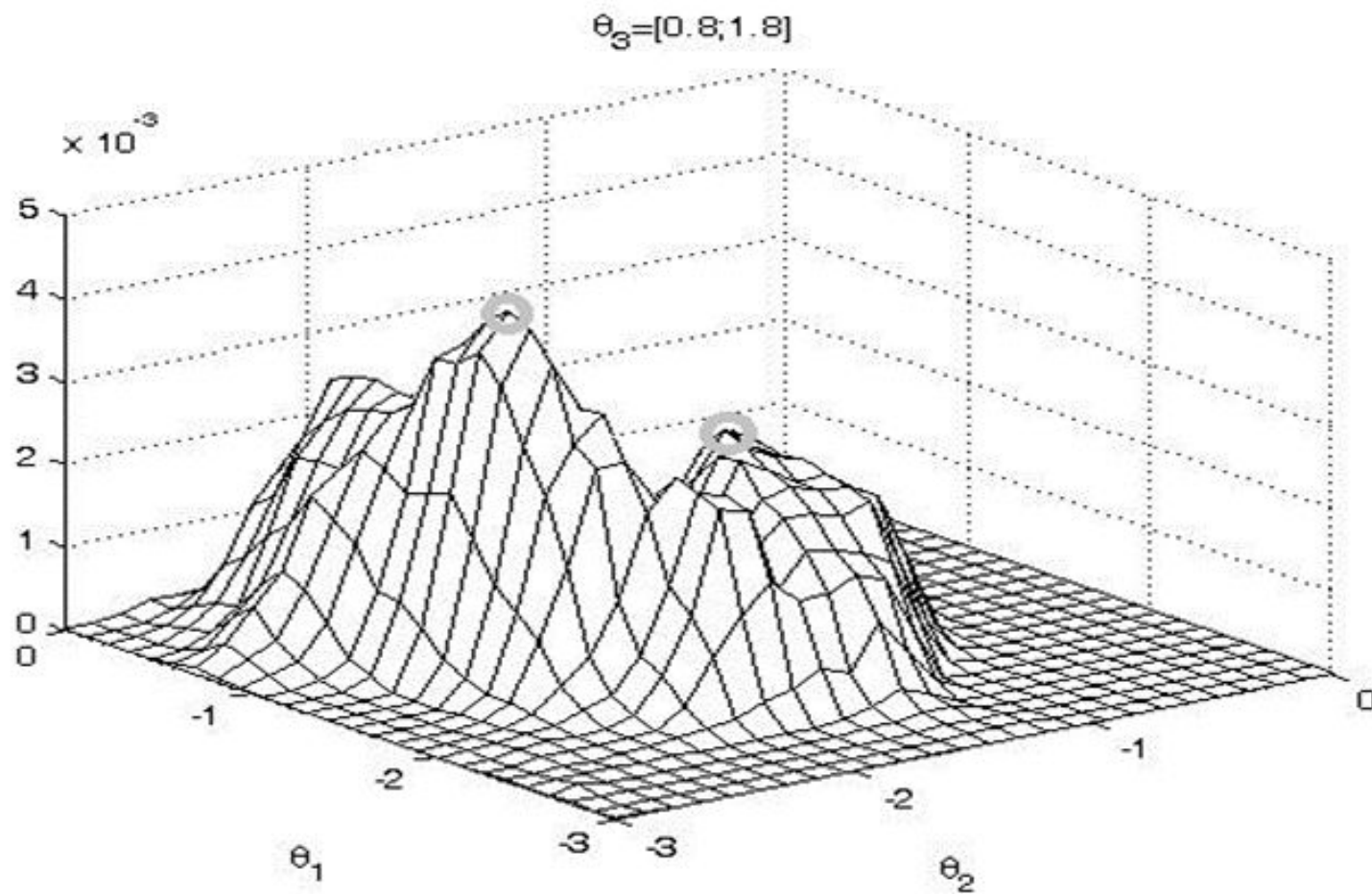
Результаты решения модельной задачи с использованием программы NOSTRA

Номер расчета	<i>ЭКСП</i> u_1	<i>ВОСТ</i> u_1	<i>ЭКСП</i> u_2	<i>ВОСТ</i> u_2	<i>ЭКСП</i> u_3	<i>ВОСТ</i> u_3
4	-0.4	-0.6	0.3	0.4	1.4	1.5
5	-1.7	-1.3	-1.4	-2.2	1.7	1.0

Плотность вероятности для 5 расчёта



Плотность вероятности для 5 расчёта



Восстановленные функционалы для 5 расчёта

	$\nabla f_{\text{экс}}$	$\nabla f_{\text{вос}}$	Относительная погрешность
Размах колебаний	95.70	97.89	0.022
Декремент затухания	-22.42	-22.49	0.003
Период колебаний	28.95	28.88	0.002
Аксиальный офсет при t=5 ч	-23.59	-23.84	0.010

Обработка эксперимента по возбуждению аксиальных и диаметральных ксеноновых колебаний на 1 блоке Нововоронежской АЭС-II

При обработке эксперимента по испытаниям аксиальных и диаметральных колебаний будут уточняться следующие параметры:

- 1) Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя;
- 2) Коэффициент реактивности по температуре топлива;
- 3) Сечение поглощения ксеноном-135 тепловых нейтронов;
- 4) Торцевые граничные условия на границе реактивной зоны;
- 5) Дифференциальная эффективность рабочей группы ОР СУЗ (в аксиальных колебаниях);
- 6) Дифференциальная эффективность отдельного ОР СУЗ (в диаметральных колебаниях).

Результаты уточнения параметров в реальном эксперименте

Аксиальный офсет энерговыделения (Of^{ax}) определяется как отношение разницы энерговыделения в верхней и нижней частях активной зоны, отнесенной к суммарному энерговыделению активной зоны

$$Of^{ax}(t) = \frac{W_{up} - W_{down}}{W_{up} + W_{down}},$$

где W_{up} - суммарное энерговыделение в верхней части активной зоны;
 W_{down} - суммарное энерговыделение в нижней части активной зоны.

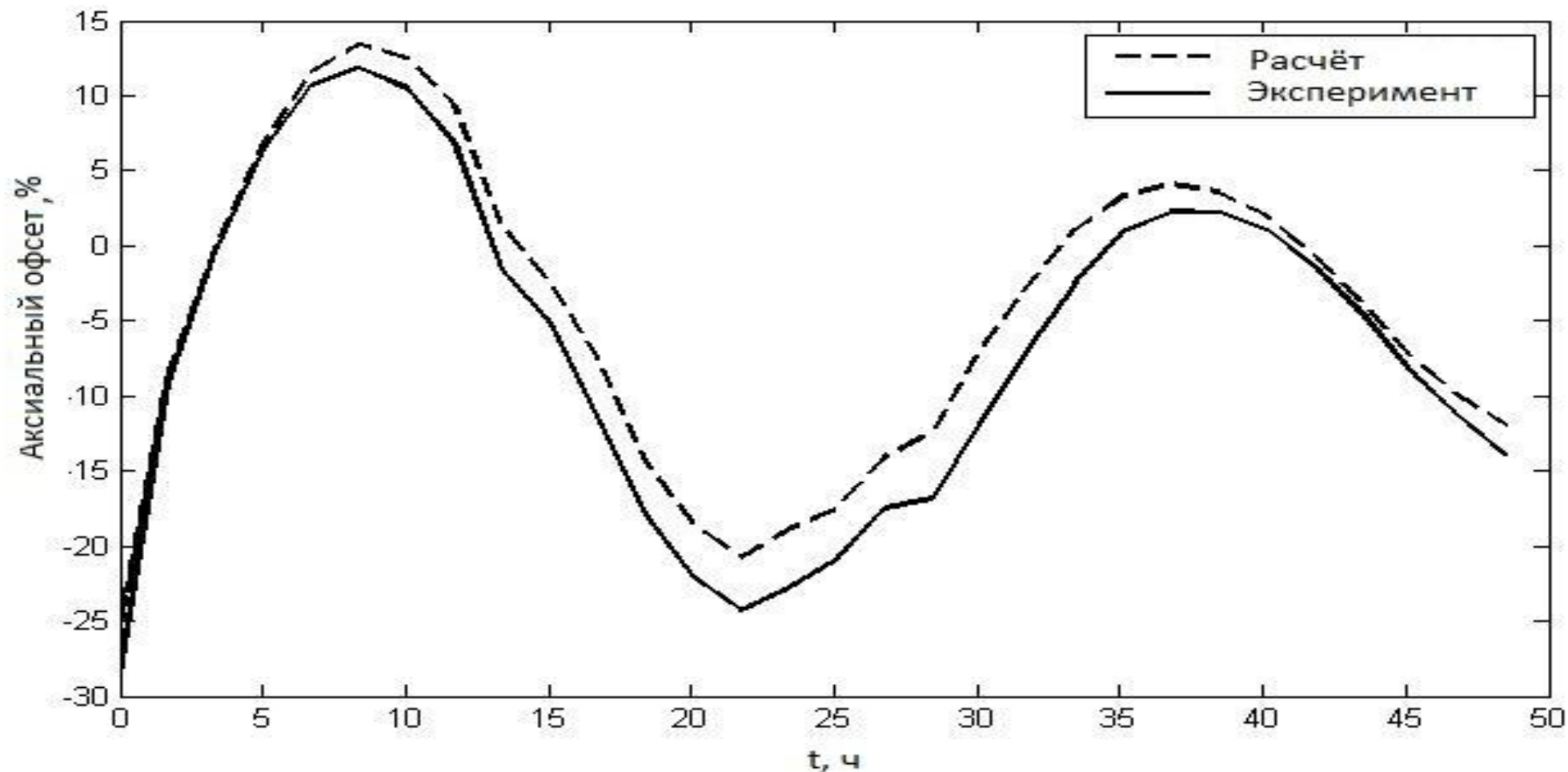
Сравнение функционалов

Эксперимент	Название функционала	$\Delta f_{\text{вост}}$	$\Delta f_{\text{эсп}}$	Относительная погрешность
Аксиальные колебания	Размах аксиальных колебаний, %	37.25	37.60	0.009
	Декремент затухания аксиального офсета, %	9.51	9.26	-0.027
	Период колебаний аксиального офсета, м	29.16	28.20	-0.034

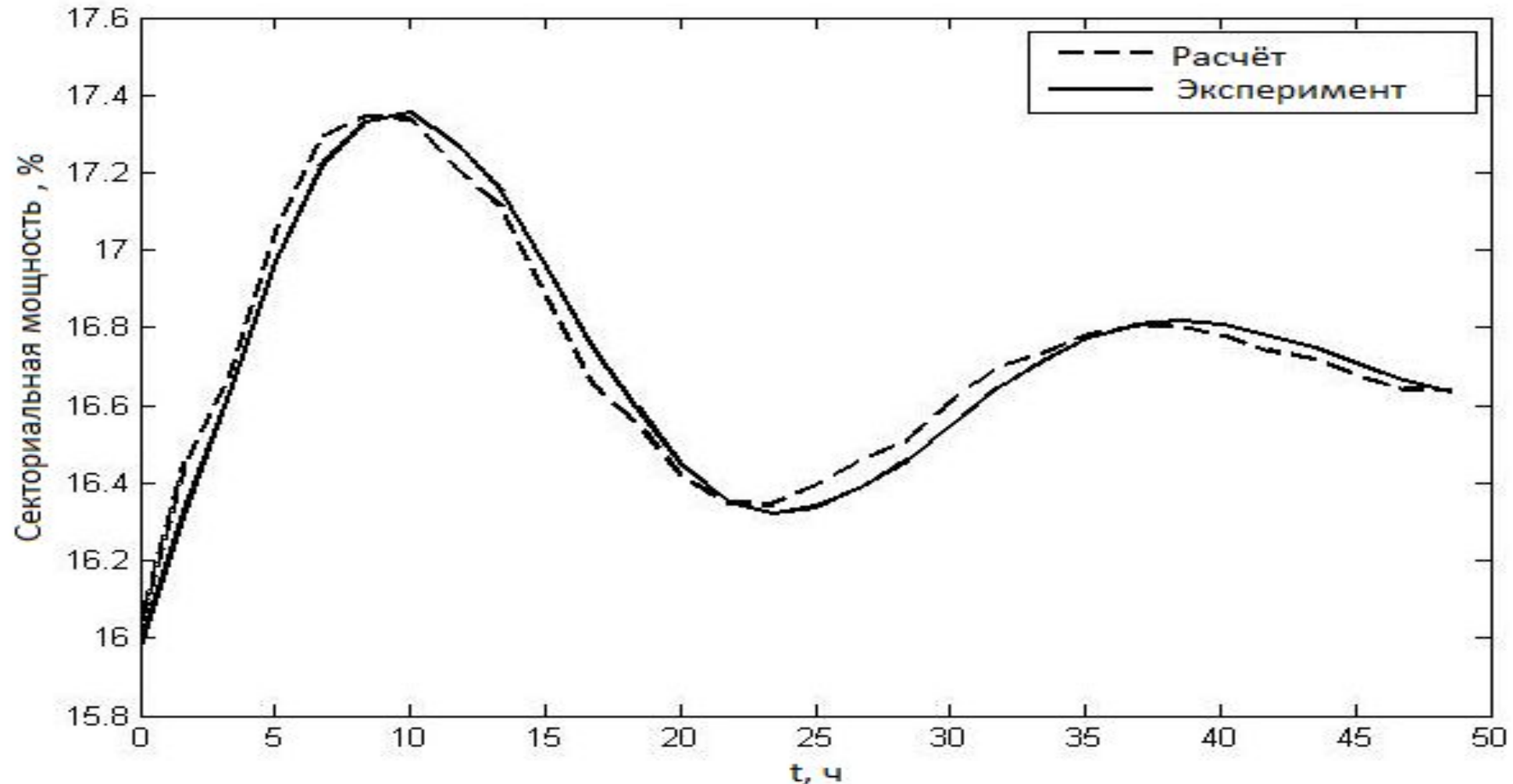
Сравнение функционалов

Эксперимент	Название функционала	$f_{\text{вост}}$	$f_{\text{эсп}}$	Относительная погрешность
Диаметральные колебания	Размах диаметральных колебаний, %	1.05	0.99	-0.056
	Декремент затухания диаметральных колебаний, %	0.53	0.54	0.021
	Период колебаний секториальной мощности, ч	28.50	28.33	-0.006

Сравнение аксиальных ксеноновых колебаний для экспериментального и восстановленного процессов



Сравнение диаметральных ксеноновых колебаний для экспериментального и восстановленного процессов



Вывод

В данной работе для решения поставленной задачи был использован метод Байеса с использованием метрического анализа и алгоритма DRAM. Была выявлена вырожденность решения рассматриваемой задачи.

Предложенный алгоритм может быть использован в дальнейшем для уточнения параметров динамической модели на основе экспериментальных данных о ксеноновых переходных процессах и ряда других динамических режимов.

Спасибо за внимание!