



Оценка параметров модели активной зоны ВВЭР на основе обработки экспериментов по возбуждению свободных ксеноновых колебаний

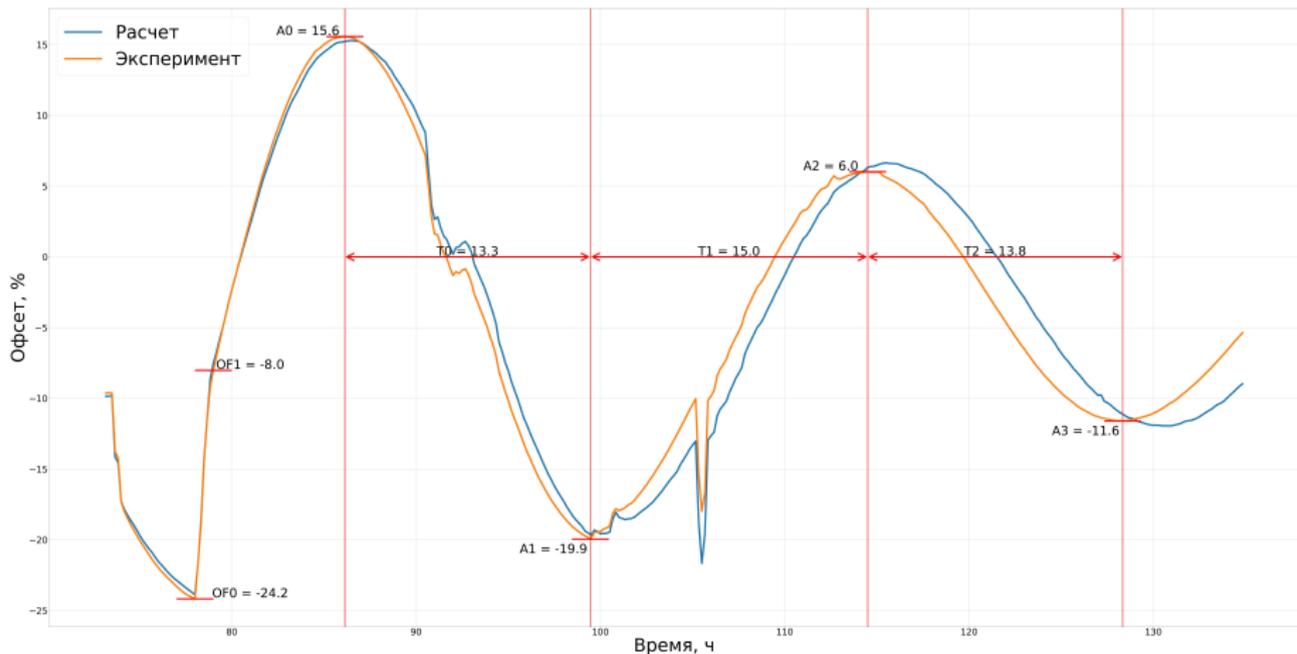
Сальников М. И., Пинегин А.А.

НИЦ КИ, Москва
2024г.

Аксиальный офсет энергосуделения



Эксперимент по возбуждению свободных ксеноновых колебаний на первом блоке НВАЭС-2



Априорные неопределенности модели



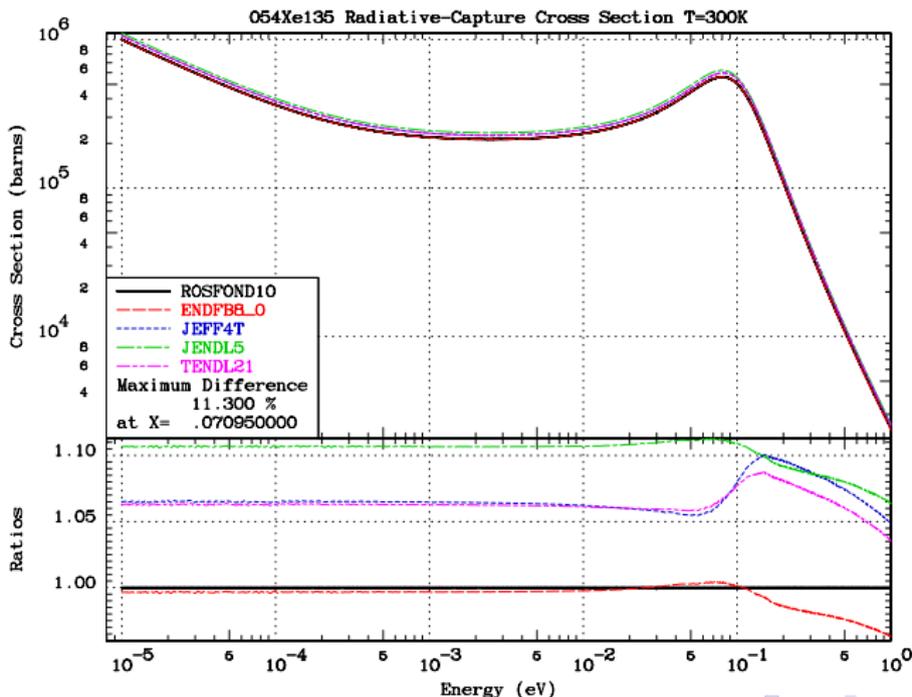
Выбранные для анализа неопределенности параметров модели: коэффициенты реактивности по температуре топлива, теплоносителя $\left(\frac{\partial \rho}{\partial T_f}, \frac{\partial \rho}{\partial T_m}\right)$, неопределенность в сечении поглощения ксенона (σ_{Xe}), эффективность органов регулирования $\left(\frac{\partial \rho}{\partial H}\right)$, константы распада ксенона и йода (λ_{Xe}, λ_I), а также торцевые граничные условия (dz). Погрешности параметров являются либо паспортными данными, либо экспертными оценками

Параметр	$\frac{\partial \rho}{\partial T_f}$	$\frac{\partial \rho}{\partial T_m}$	σ_{Xe}	$\frac{\partial \rho}{\partial H}$	λ_{Xe}	λ_I	dz
min, отн.ед.	-0.25	-0.25	-0.15	-0.25	-0.003	-0.008	-0.30
max, отн.ед.	0.25	0.25	0.15	0.25	0.003	0.008	0.30
σ , отн.ед.	0.08	0.08	0.05	0.08	0.001	0.002	0.10

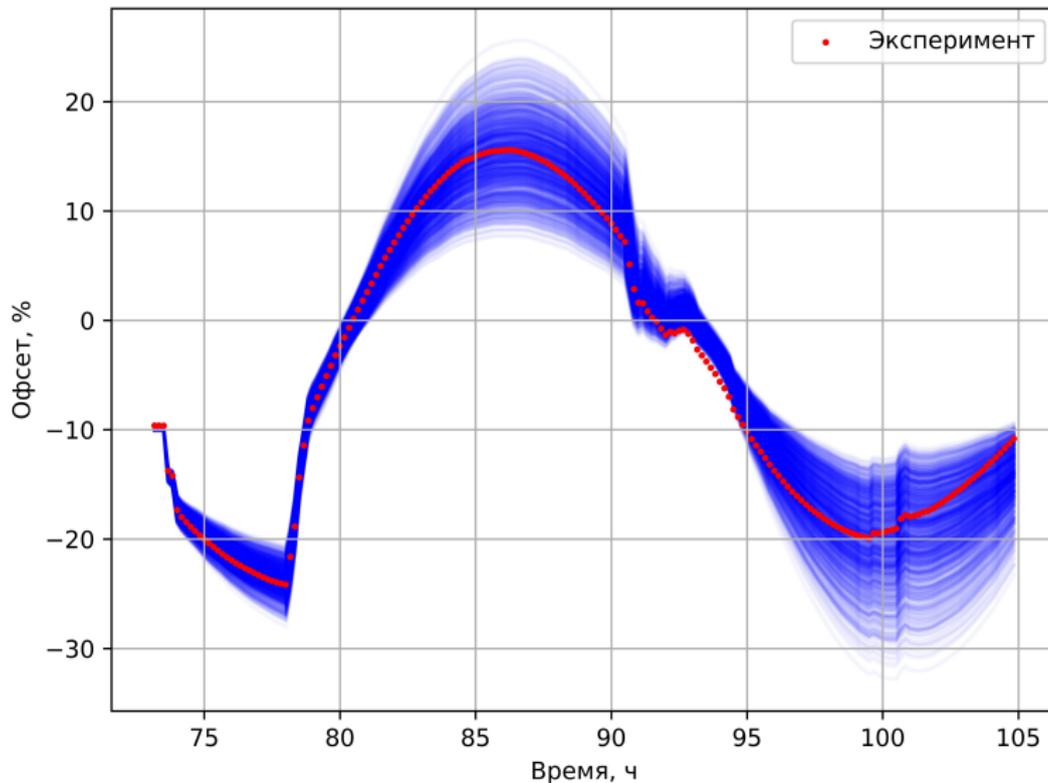
Таблица: Оценка погрешностей параметров нейтронно-физической модели



Оценка неопределенности сечения поглощения ксенона-135 из сравнения различных библиотек нейтронных сечений



Труба неопределенностей офсета энерговыведения





	$\frac{\partial \rho}{\partial T_f}$	$\frac{\partial \rho}{\partial T_m}$	σ_{Xe}	$\frac{\partial \rho}{\partial H}$	λ_{Xe}	λ_l	dz
OF0	0.720	-0.453	-1.031	1.242	0.009	0.004	-0.123
OF1	0.511	-0.465	-1.091	0.232	0.012	0.011	0.014
A0	-1.027	-0.768	1.599	-1.094	-0.011	-0.011	0.317
A1	1.547	-0.484	-2.454	0.970	0.016	0.001	-0.580
A2	-1.624	-0.881	2.705	-0.515	-0.025	-0.023	0.538
A3	1.834	-0.396	-2.871	0.569	0.027	0.026	-0.668

$$M[i, j] = \sigma_j \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \quad (1)$$

- f_i - функционал офсета
- x_j - параметр модели
- σ_j - неопределенность соответствующего параметра



$$p(u|f) = \frac{p(u)p(f|u)}{\int p(u)p(f|u)du} \quad (2)$$

$$p(u) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{m}{2}} |K|^{\frac{1}{2}}} \exp^{-\frac{1}{2}(u-u_0)^T K^{-1}(u-u_0)} \quad (3)$$

$$p(f|u) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Omega|^{\frac{1}{2}}} \exp^{-\frac{1}{2}(f-A(u))^T \Omega^{-1}(f-A(u))} \quad (4)$$

Ковариационная матрица априорной информации K диагональна. На главной диагонали, расположены дисперсии параметров модели. Матрица Ω , в формуле (4), содержит погрешности эксперимента. Стандартное отклонение при определении офсета принято равным 2%. Для получения, выборки, в данной работе, используется схема цепей Маркова по алгоритму DRAM, реализованная в прикладном пакете программ Paramonte.

Построение упрощенной полиномиальной модели

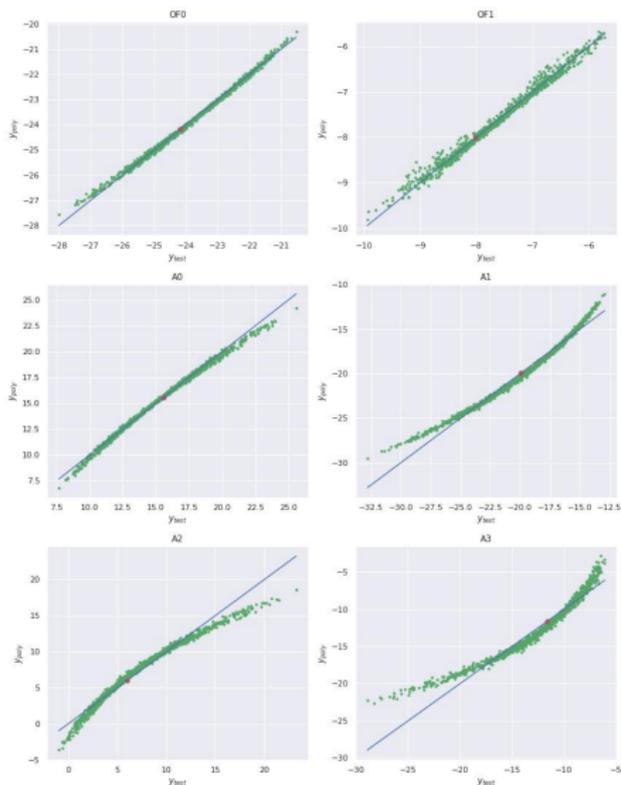


Рис.: Линейная модель

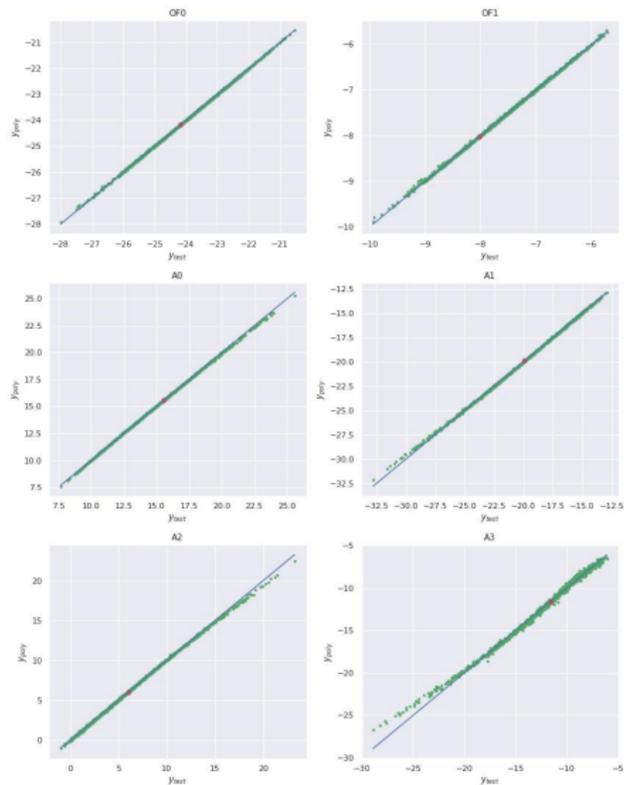
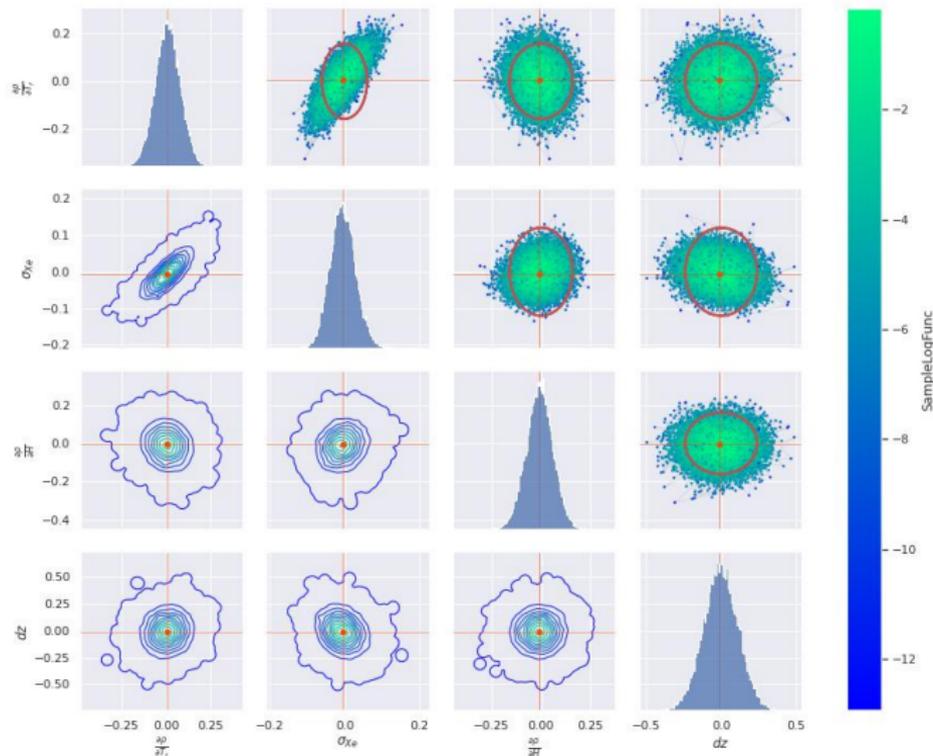


Рис.: Квадратичная модель

Результаты.

Оценка погрешностей параметров модели



По разработанной процедуре были получены апостериорные оценки неопределенностей модели:

Параметр	$\frac{\partial \rho}{\partial T_f}$	σ_{Xe}	$\frac{\partial \rho}{\partial H}$	dz
Среднее	0.007	0.006	-0.01	-0.006
Стандартное отклонение	0.07	0.03	0.07	0.8
Наиболее вероятное значение	0.003	0.005	-0.007	-0.01

Таблица: Параметры апостериорной плотности распределения параметров нейтронно-физической модели



Спасибо за внимание