



РОСАТОМ



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕСТОВОЙ ЗАДАЧИ “BENCHMARK ROSTOV 2” С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ САПФИР_95&RC_ВВЭР И КОРСАР

Артемов В.Г., Артемова Л.М., Коротаев В.Г., Кузнецов А.Н.
ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», Сосновый Бор, Россия;

Всероссийская научно-техническая конференция
«Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики»
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», г. Обнинск, 27 - 29 ноября 2019 года

Введение

В докладе приведены результаты моделирования тестовой задачи “Benchmark Rostov 2” на основе КП САПФИР_95&RC_ВВЭР и КП КОРСАР-РС.

Приведено описание двух методик расчета потвэльного энерговыделения, используемых в комплексе программ - метода суперпозиции микро- и макропотока и комбинированного (pin-by-pin) метода.

Подготовлена расчетная модель. Приведены полученные на ее основе результаты моделирования энерговыделения:

- в исходном стационарном состоянии;
- в переходном режиме в квазистационарном приближении;
- в нестационарном сопряженном ТГ/3D-НФ расчете по РК КОРСАР-РС комбинированным методом и методом суперпозиции

Расчет энерговыделения в твэл ПС САПФИР_95&РС_ВВЭР, метод суперпозиции

Подготовка констант (программа САПФИР_95.1):

расчет ячеек методом ВПС;
запись **скоростей реакций в твэлах**

Расчет реактора (ПС САПФИР_95&РС_ВВЭР):

диффузионное приближение; 24 расчетных узла на ТВС;
потвэльное энерговыделение и выгорание моделируются на основе суперпозиции микрораспределения потока нейтронов в кассете (**скорости реакций в твэлах**) и макрораспределения по реактору в целом

Расчет энерговыделения в твэл ПС САПФИР_95&RC_micro, метод суперпозиции

Подготовка констант (программа САПФИР_95.1):

- расчета ячеек методом ВПС для набора pin-ячеек активной зоны и отражателя

Расчет реактора (ПС САПФИР_95&RC_micro): расчет реактора в диффузионном приближении на регулярной конечно-разностной сетке с шагом, равным шагу твэл в ТВС. В областях, где необходимо нарушить регулярность, используется коэффициент сжатия

Распределенные параметры состояния реактора – выгорание, плотность теплоносителя, температура топлива на основе расчетов методом суперпозиции

Расчет проведен в 2х- и в *би-групповом* приближении; в областях, где наблюдается большой градиент потока и тока, используются обобщенные граничные условия

Мелкосеточный метод является реперным для расчета потвэльного энерговыделения в комплексе ПС САПФИР_95&RC_ВВЭР

Моделирование переходного процесса в с использованием КП КОРСАР-РС

Сопряженный нейтронно-физический и теплогидравлический расчет проводится с помощью разрабатываемого **КП КОРСАР-РС**. Он состоит из двух компонент – **нейтронно-физической программы (RSKin)** и **теплофизической программы (КОРСАР)**.

Каждая программа - отдельный исполняемый файл, который имеет собственные файлы входных данных.

Расчет энерговыделения в ТВЭЛ при сопряженном расчете в КП КОРСАР-РС

Реализованная в программе RSKin методика потвэльного расчета основывается на отработанной при проведении стационарных расчетов модели потвэльного энерговыделения КП САПФИР_95&RC_BBЭР, использующей принцип суперпозиции микро- и макро-потоков нейтронов

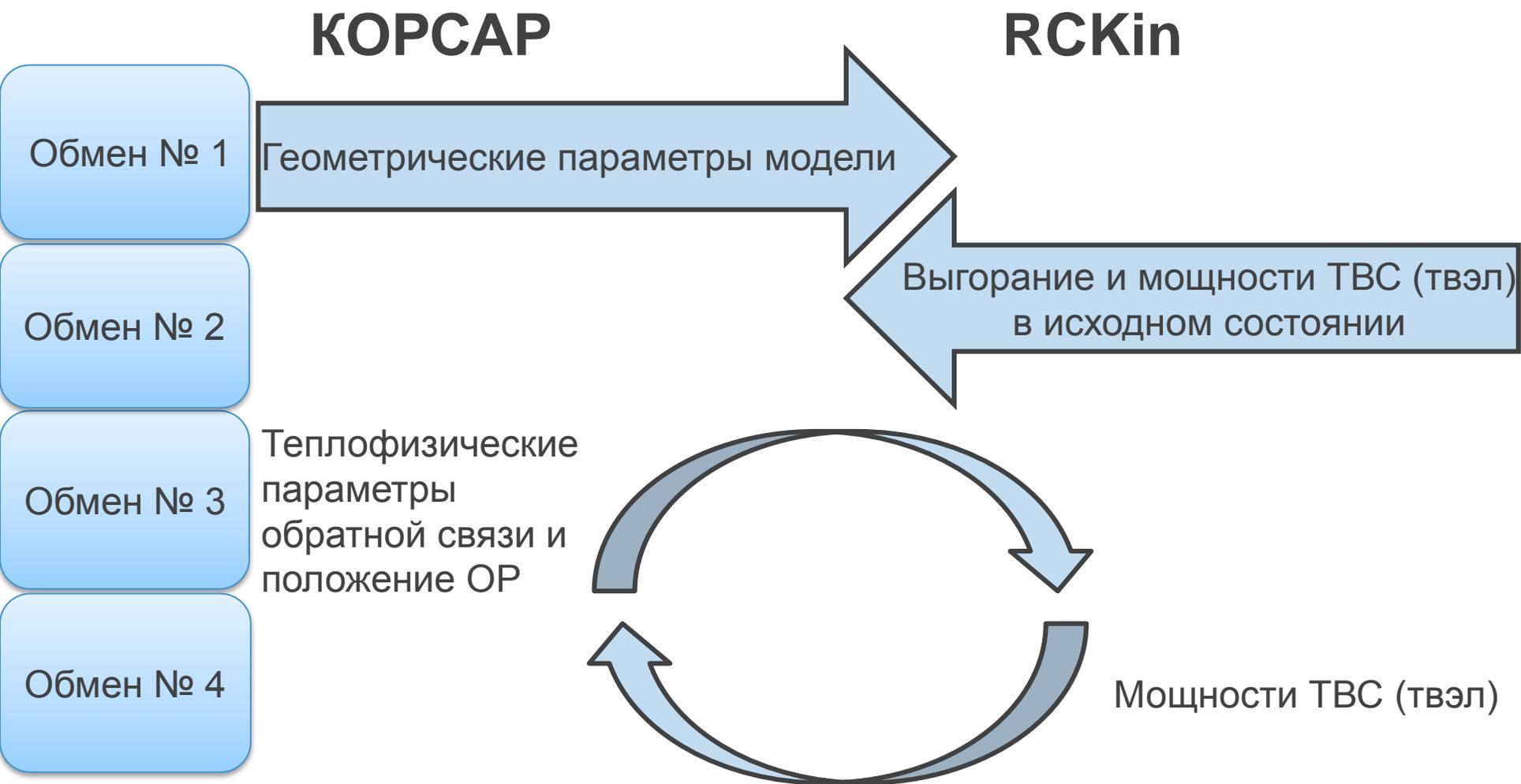
Значения плотности теплоносителя, концентрации борной кислоты и температуры топлива рассчитываются на каждом временном шаге по программе КОРСАР и передаются в программу RSKin: для выделенных ТВС из прямого ячейкового расчета; для остальных ТВС передаются средние значения в пределах расчетной ячейки.

Предварительные расчеты выгорания и, при необходимости, нестационарного отравления в заданном исходном состоянии активной зоны осуществляются с помощью программы RC_BBЭР

Моделирование переходного процесса в с использованием КП КОРСАР-РС

В процессе решения обмен данными между процессами осуществляется с помощью подпрограмм стандарта MPI (Message Passing Interface). Ведущим является ТГ код, формирующий команды для НФ кода, который, в свою очередь, передает ведущему информацию о своем состоянии в виде кода ошибки.

Моделирование переходного процесса в с использованием КП КОРСАР-РС



Бенчмарк Rostov-2. Описание режима

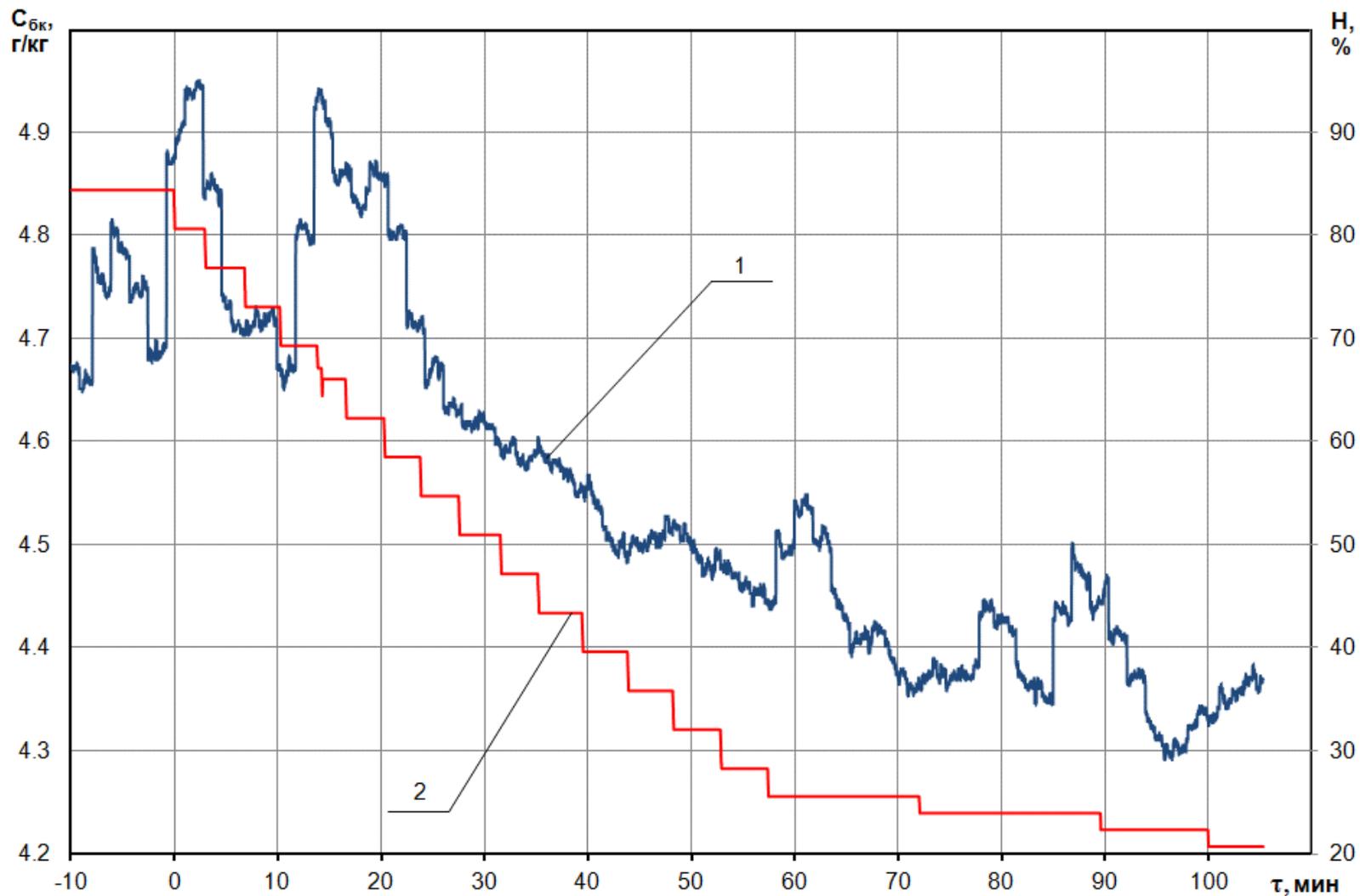
Тестовая задача «Benchmark Rostov 2» представляет собой переходный режим, в котором постепенное уменьшение концентрации борной кислоты в теплоносителе компенсируется периодическим погружением рабочей группы. Режим выполнен на втором энергоблоке Ростовской АЭС в начале первой загрузки.

Динамический процесс был инициирован и далее поддерживался разбавлением борной кислоты в теплоносителе первого контура.

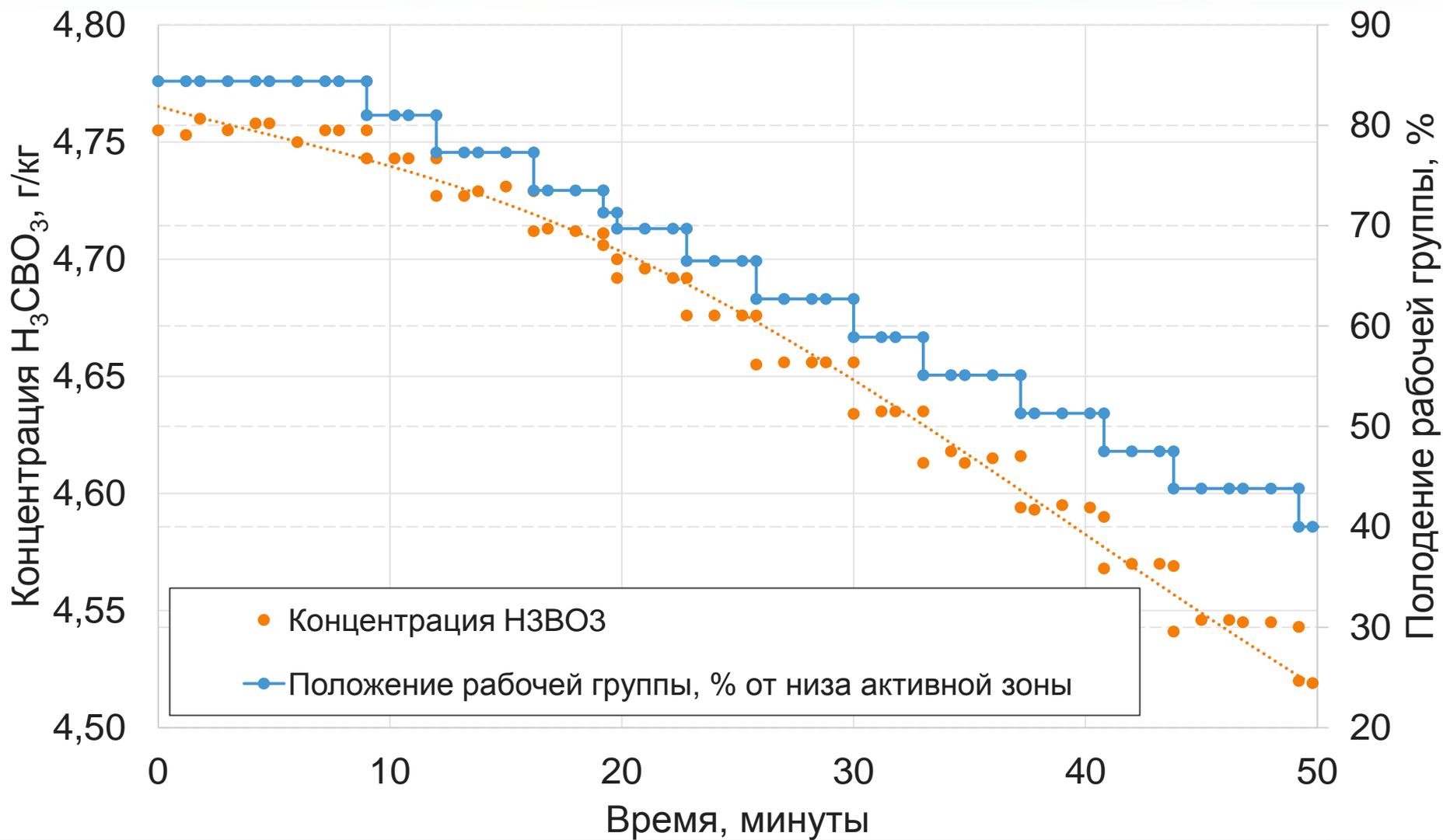
Вводимая в активную зону положительная реактивность компенсировалась периодическим погружением 10 группы ОР СУЗ с шагом, примерно равным 14 см.

Очередное погружение группы ОР СУЗ обеспечивало поддержание мощности в интервале не более $\pm 2\%$ $N_{\text{НОМ}}$. К 60-ой минуте процесса рабочая группа находилась в положении 32 % от низа активной зоны.

Бенчмарк Rostov-2. Изменение концентрации борной кислоты и положения рабочей группы. Эксперимент

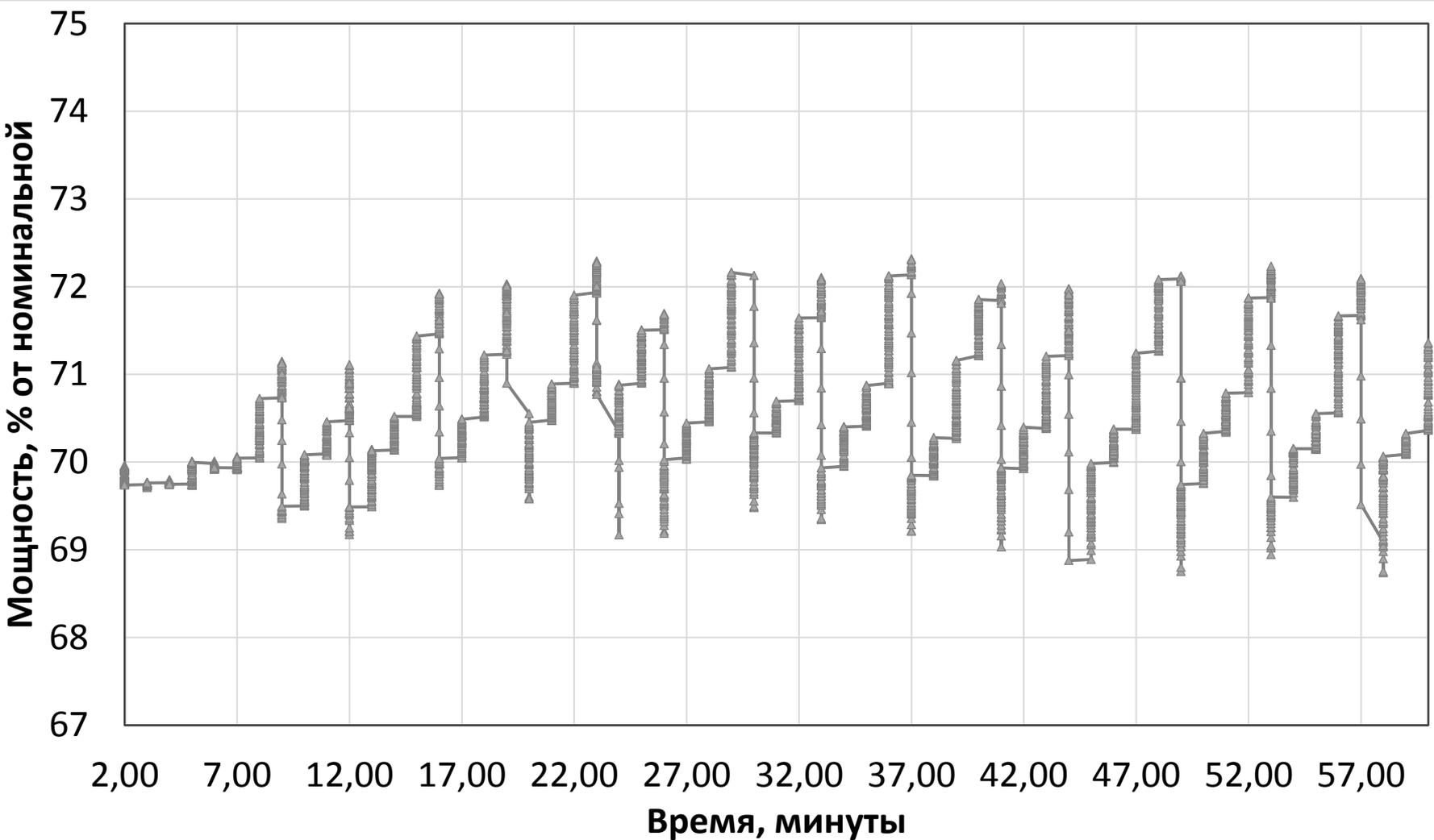


Бенчмарк Rostov-2. Изменение концентрации борной кислоты и положения рабочей группы. Модель режима



Бенчмарк Rostov-2.

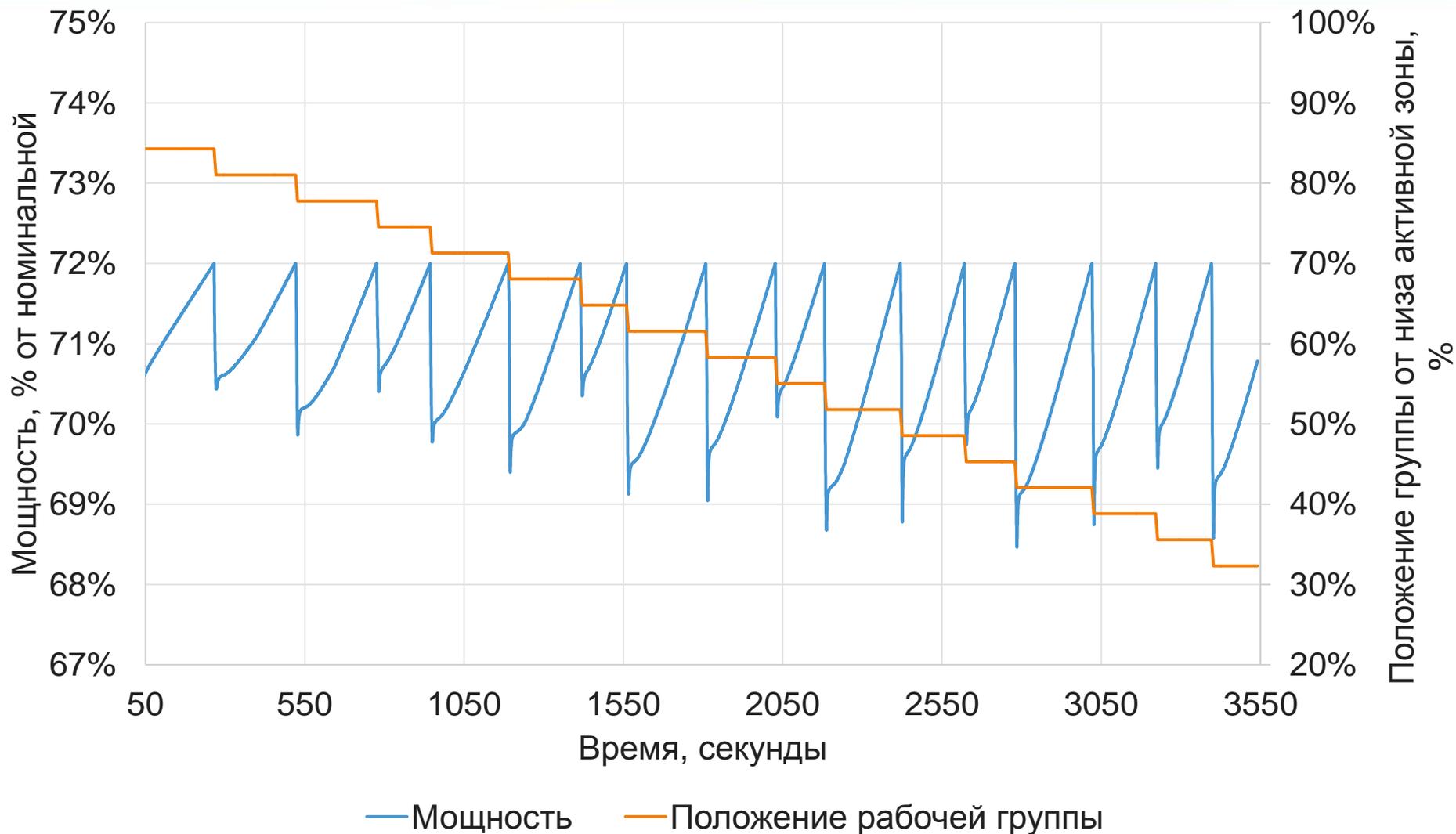
Изменение мощности в процессе режима по данным ДПЗ



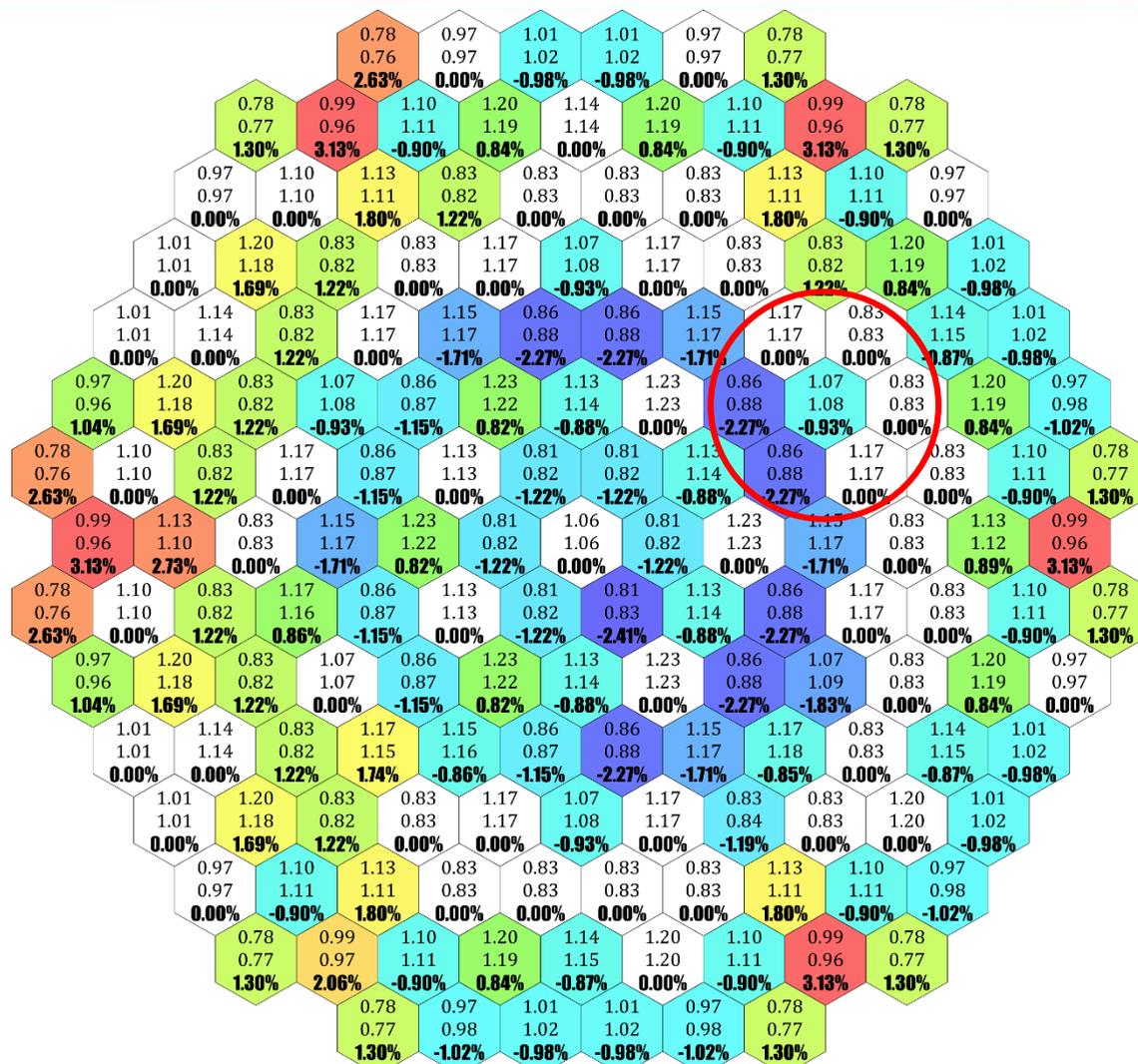
Бенчмарк Rostov-2.

Результаты сопряженного расчета RSKin и КОРСАР.

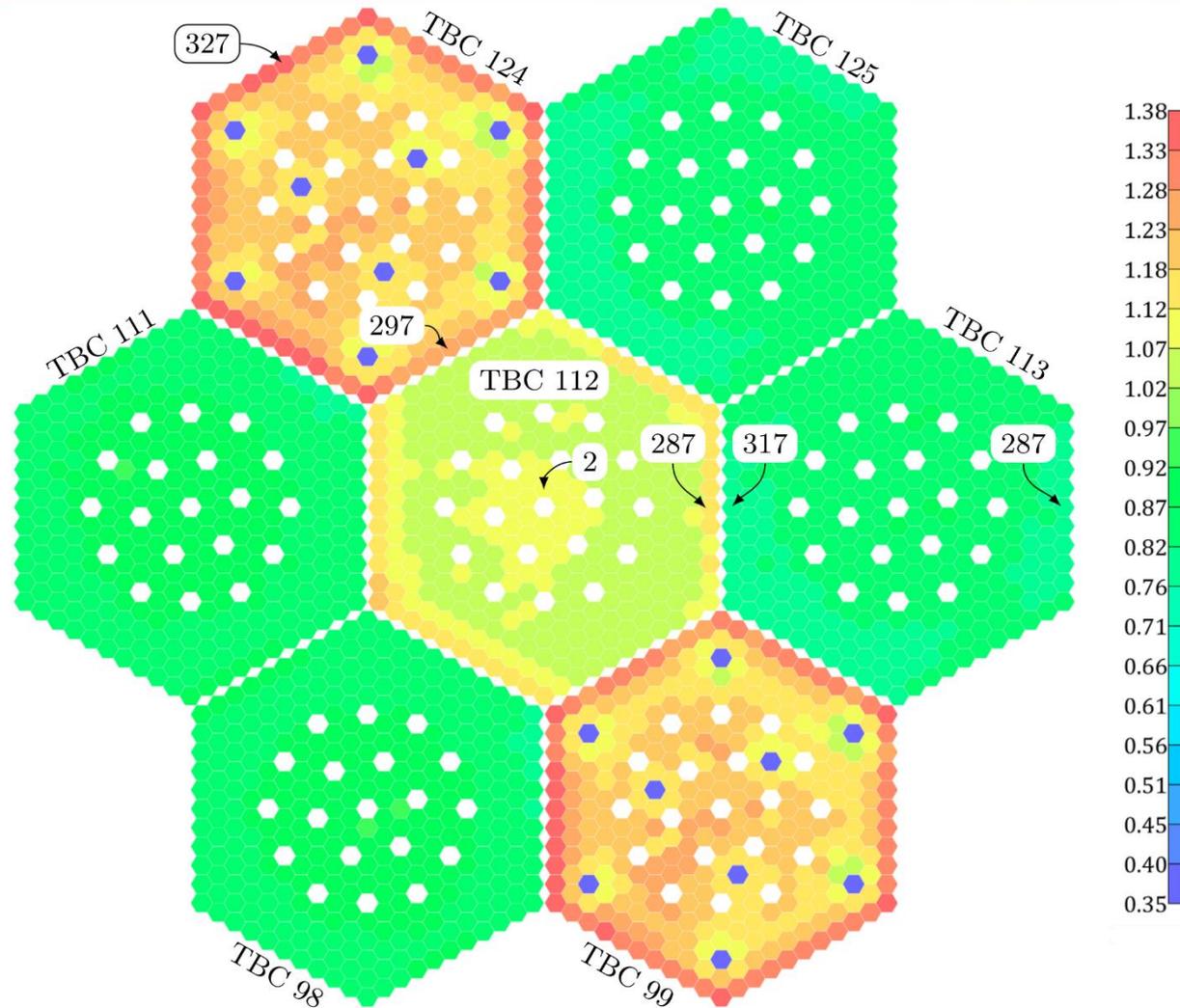
Мощность активной зоны



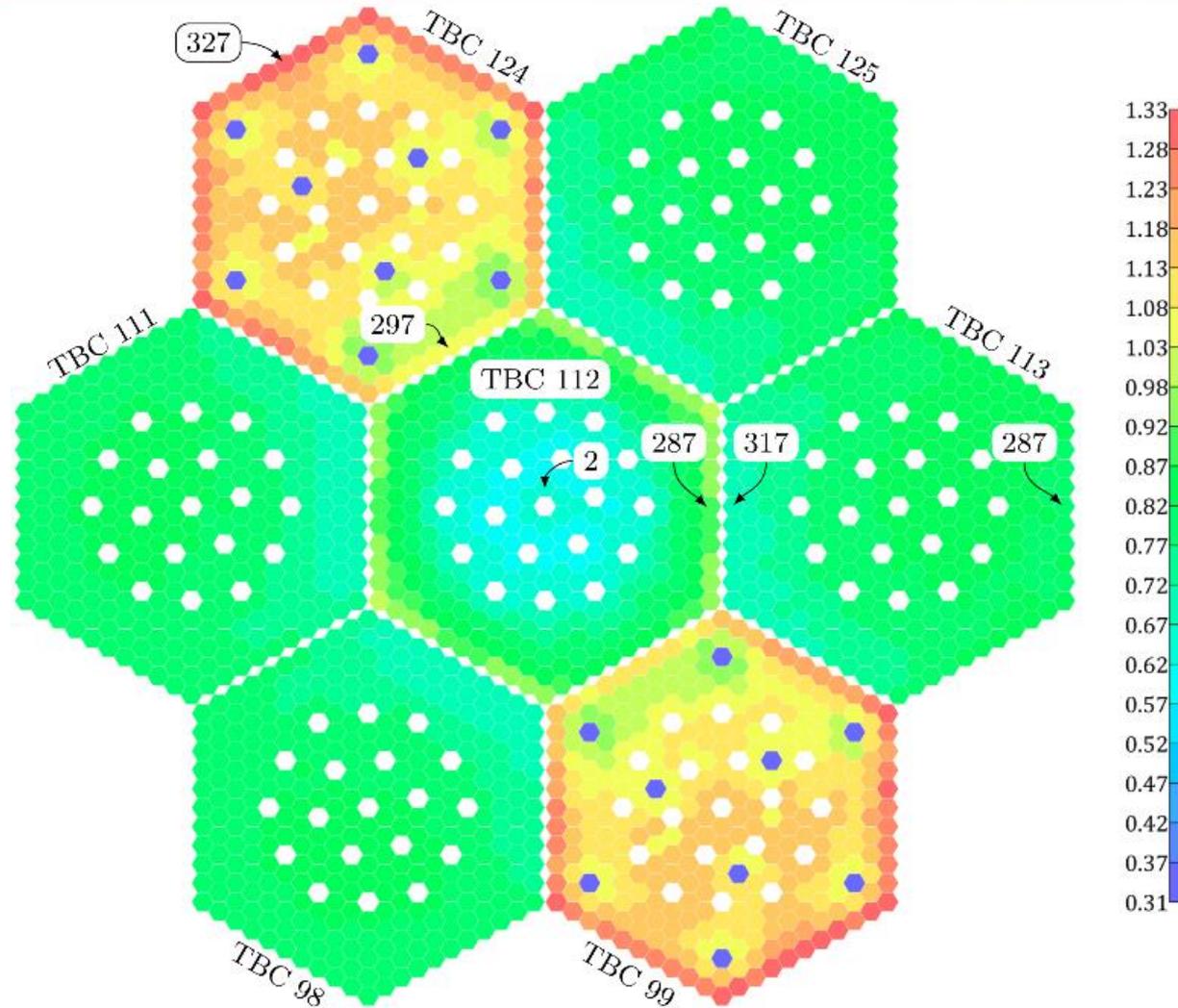
Бенчмарк Rostov-2. Относительное энерговыделение в ТВС. Положение рабочей группы = 84,4% от низа активной зоны



Бенчмарк Rostov-2. Результаты сопряженного расчета RSKin и КОРСАР, комбинированный метод. Относительное энерговыделение в твэлах кассет, окружающих ТВС № 112, в начале расчета



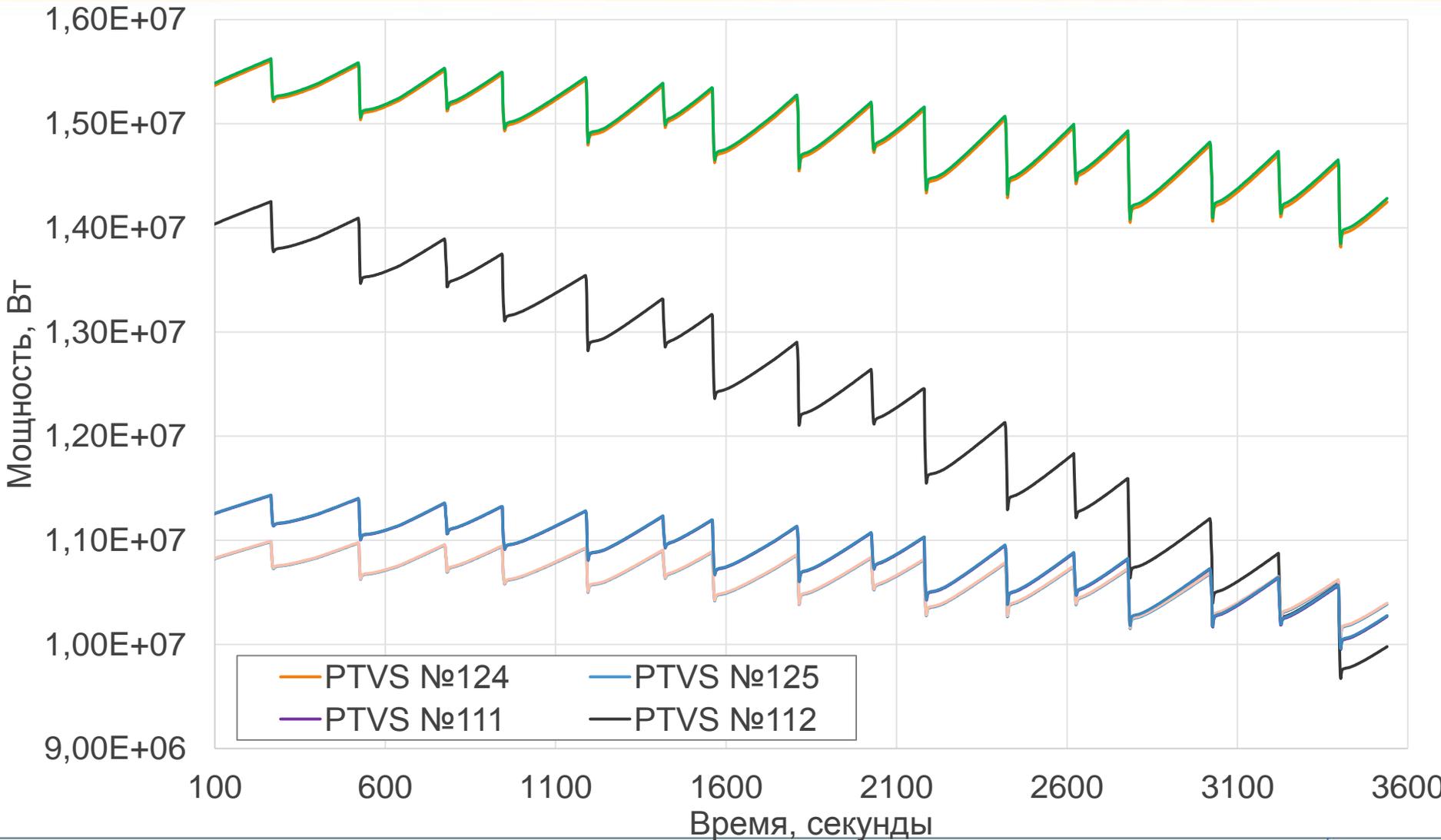
Бенчмарк Rostov-2. Результаты сопряженного расчета RSKin и КОРСАР, комбинированный метод. Относительное энерговыделение в твэлах кассет, окружающих ТВС № 112, в конце расчета



Бенчмарк Rostov-2.

Результаты сопряженного расчета КОРСАР-РС:

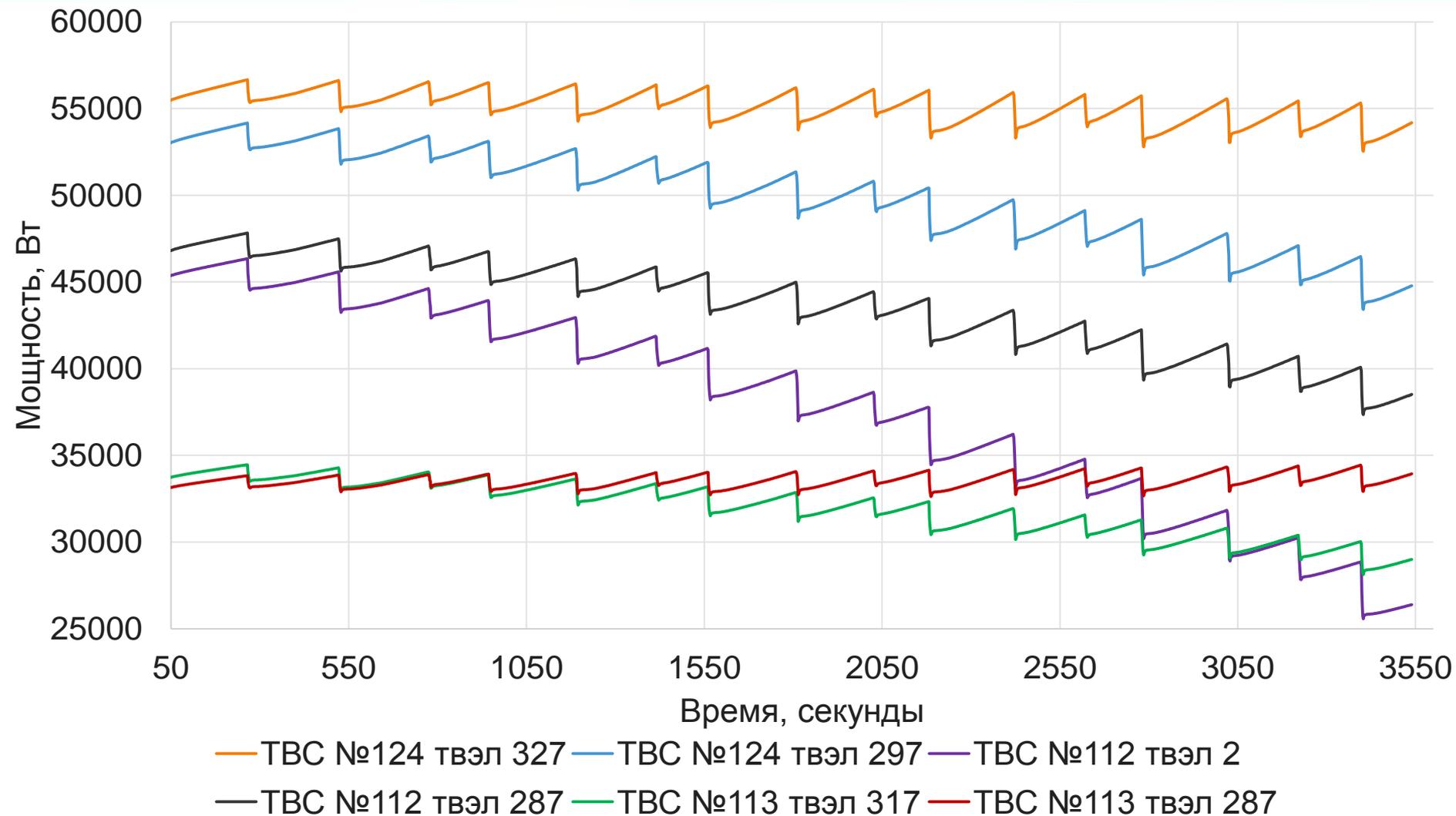
мощность ТВС



Бенчмарк Rostov-2.

Результаты сопряженного расчета КОРСАР-РС:

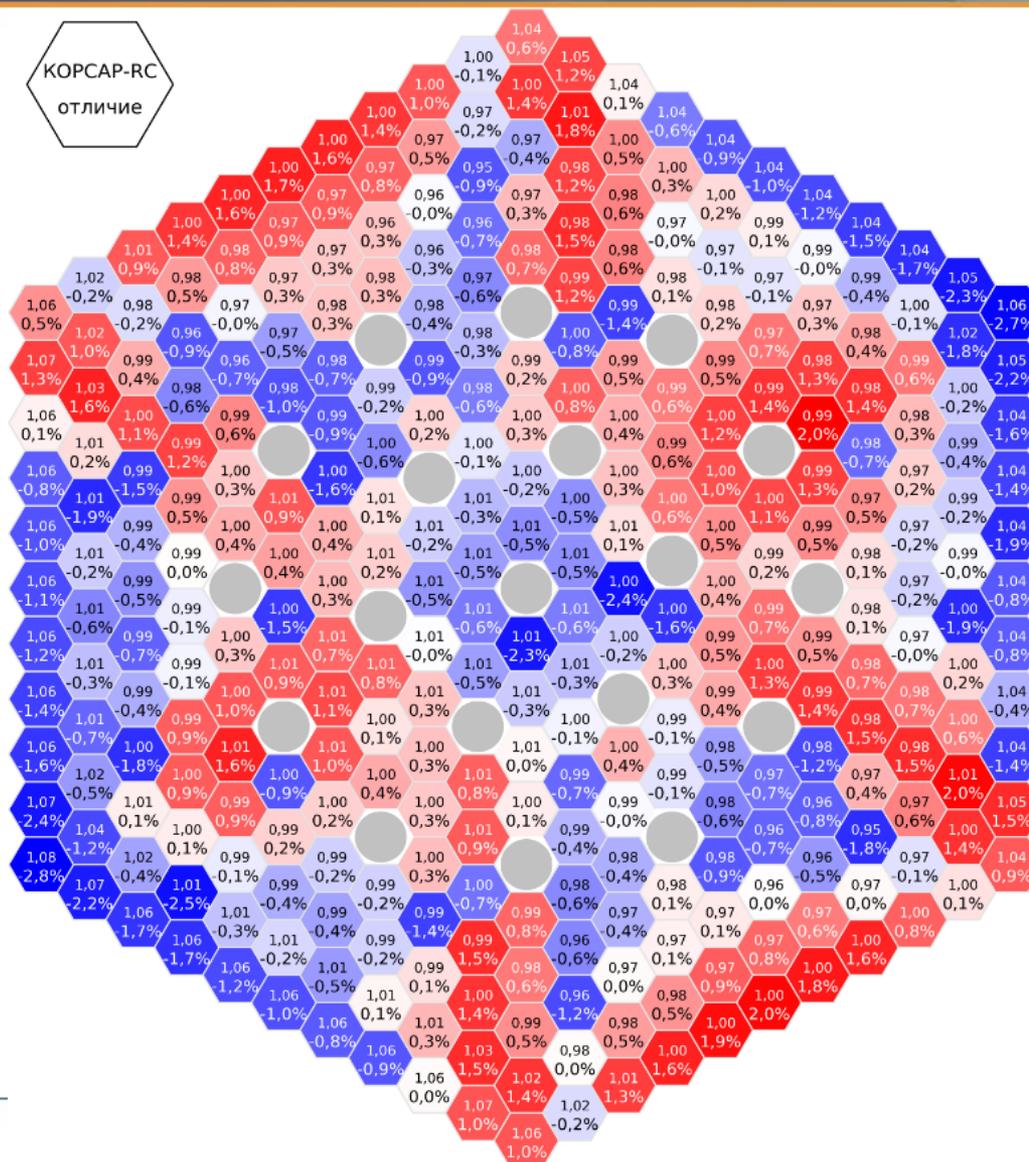
МОЩНОСТЬ ТВЭЛ



Бенчмарк Rostov-2.

Отклонение результатов расчета относительной мощности твэл в ТВС 112:
метод суперпозиции - мелкосеточный (pin-by-pin) метод.

T=90 сек от начала режима



Выводы

На примере моделирования тестовой задачи «Benchmark Rostov 2» продемонстрированы возможности методик расчета потвэльного энерговыделения (комбинированным методом и методом суперпозиции), реализованных в комплексе программ КОРСАР-РС, при проведении сопряженных нейтронно-физических и теплогидравлических расчетов ВВЭР.

Оба метода верифицированы и обоснованы для проведения расчетов потвэльного энерговыделения в стационарных режимах ВВЭР.

Области их применения перекрываются, а поскольку они опираются на существенно разную методическую основу, это дает дополнительную возможность для анализа методической погрешности расчета потвэльного энерговыделения при обосновании реальных проектных режимов. Особенно это актуально для нестационарных режимов, для которых реперные тестовые задачи отсутствуют.