



НИКИЭТ
РОСАТОМ

Расчетное обоснование использования устройства пассивной обратной связи в реакторе БР-1200

«Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики», г. Обнинск
Вологина С.А., Жирнов А.П., Иванюта А.Н., Проухин А.В., Стремин А.В.,
Палатова М.И. (АО «НИКИЭТ»)

28.05.2024-31.05.2024

Цель: обоснование эффективности УПОС при помощи связанной нейтронно-физической и теплогидравлической модели РУ БР-1200, разработанной средствами программы для ЭВМ ЕВКЛИД/V1.2.

Задачи:

- разработка модели а.з. РУ БР 1200 с устройством пассивной обратной связи в рамках связанной нейтронно-физической и теплогидравлической модели РУ БР-1200, в программе для ЭВМ ЕВКЛИД/V1.2
- оптимизация положения УПОС в активной зоне реактора
- расчет запроектных аварий РУ БР-1200
- анализ эффективности и необходимости наличия УПОС

Метод обоснования эффективности УПОС

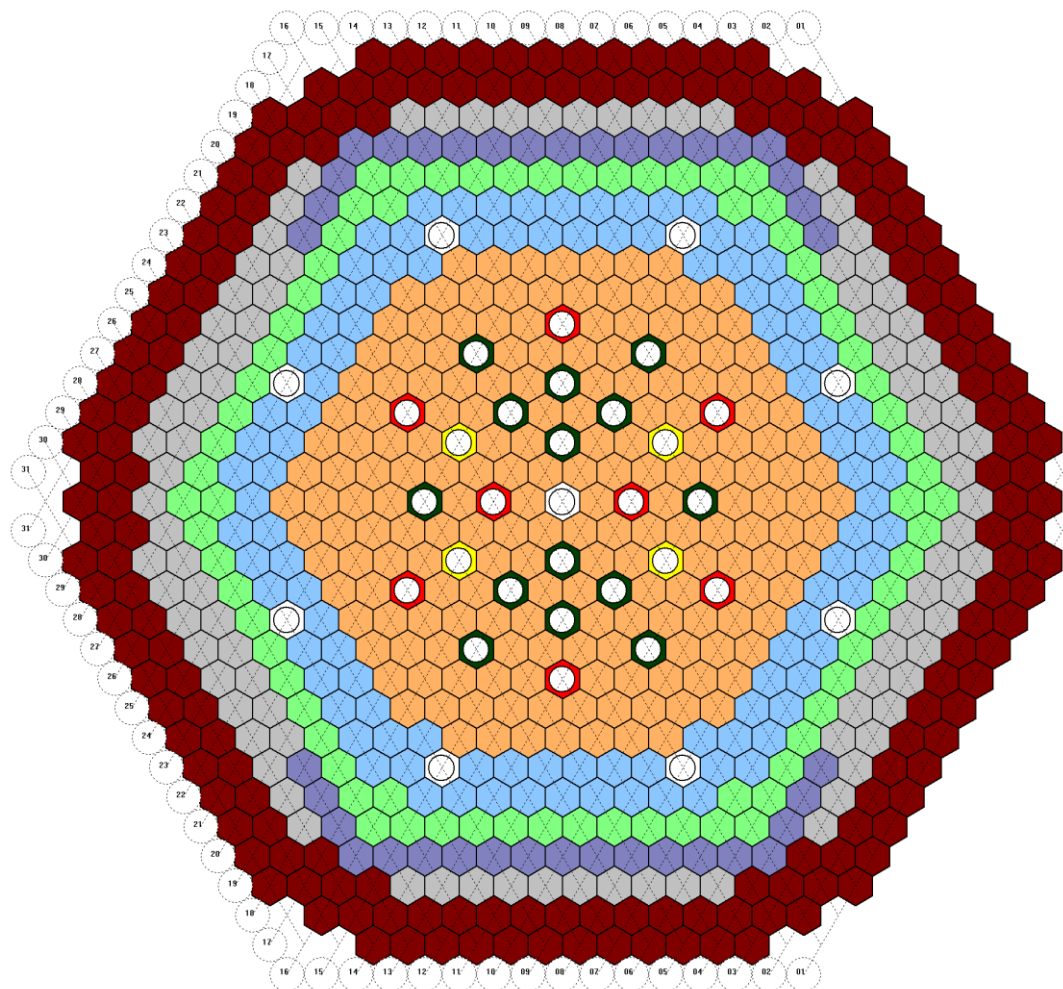






Для обоснования эффективности УПОС в связанной модели на базе кода ЕВКЛИД/V1.2 было проведено моделирование ЗПА без срабатывания всех систем останова РУ при которых единственным средством воздействия, переводящим РУ в глубоко подкритическое состояние, является УПОС:

- потеря электропитания собственных нужд энергоблока без срабатывания всех систем останова РУ
- несанкционированный ввод полного запаса реактивности при работе на номинальном уровне мощности
- несанкционированный ввод полного запаса реактивности на минимальном контролируемом уровне мощности (МКУ)

Для анализа эффективности рассмотрены варианты расположения УПОС в боковом отражателе (БО) и в ТВС центральной подзоны.

Компоновка активной зоны БР-1200



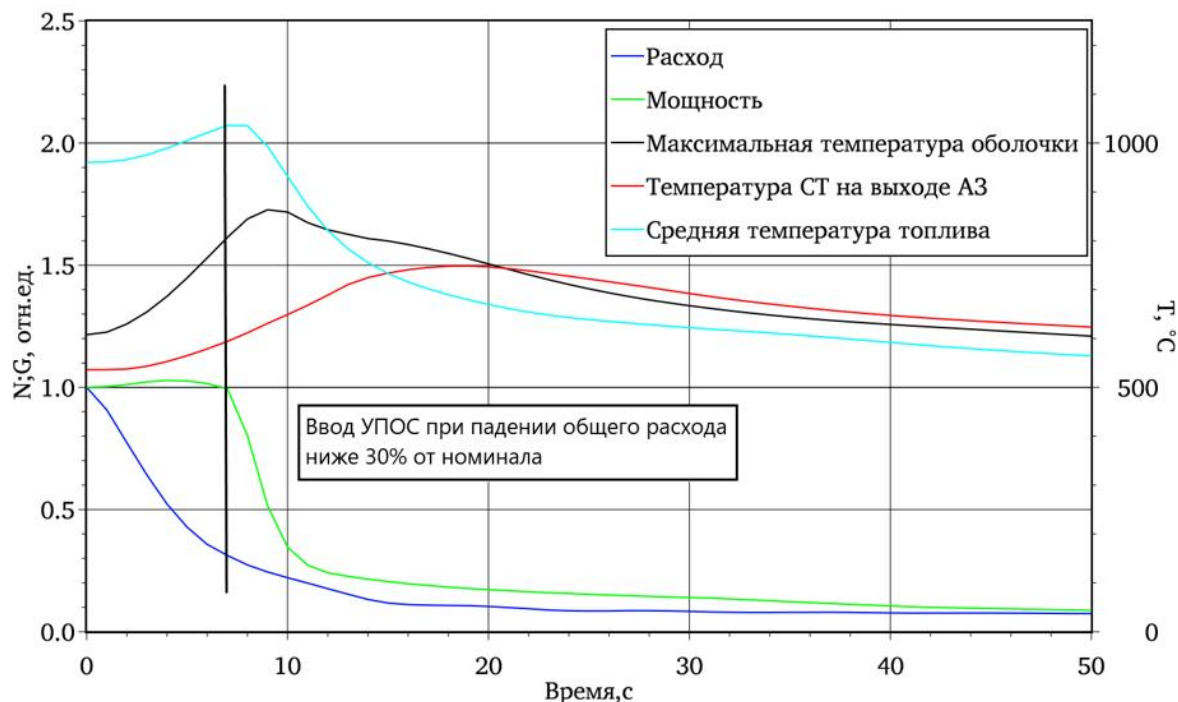
-  - ТВС ЦЗ;
-  - ТВС СЗ;
-  - ТВС ПЗ;
-  - ТВС с РО АЗ;
-  - ТВС с РО КР;
-  - ТВС с РО АР;
-  - ТВС с ПКР;
-  - блок отражателя с УПОС;
-  - блок отражателя;
-  - блок защиты

УПОС  расположены в БО

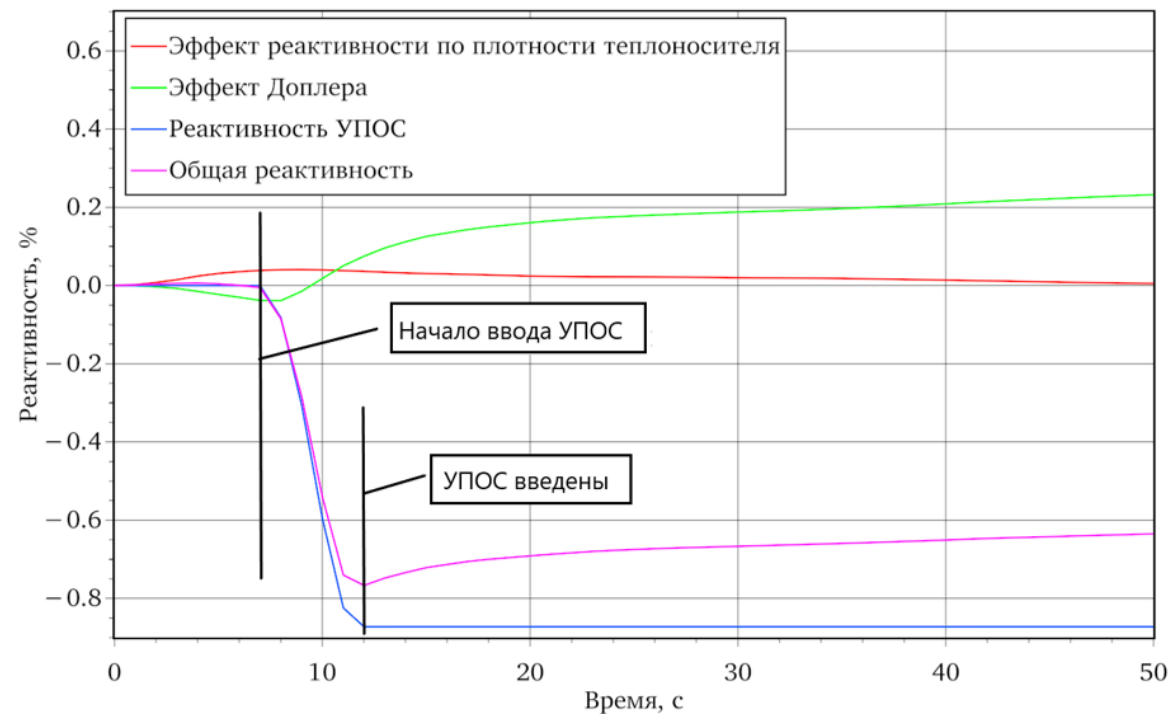
Результаты расчетов режима обесточивания со срабатыванием УПОС (УПОС входят в состав ТВС)



Обесточивание энергоблока сопровождается отключением всех ГЦНА и ПЭН, турбина отключается
В сценарии развития ИС постулируются множественные отказы АЗ и ЭСМ по всем уставкам
По снижению расхода СТ через а.з. до 30% от номинала пассивно вводятся УПОС



Мощность РУ, расход СТ через а.з. и температуры



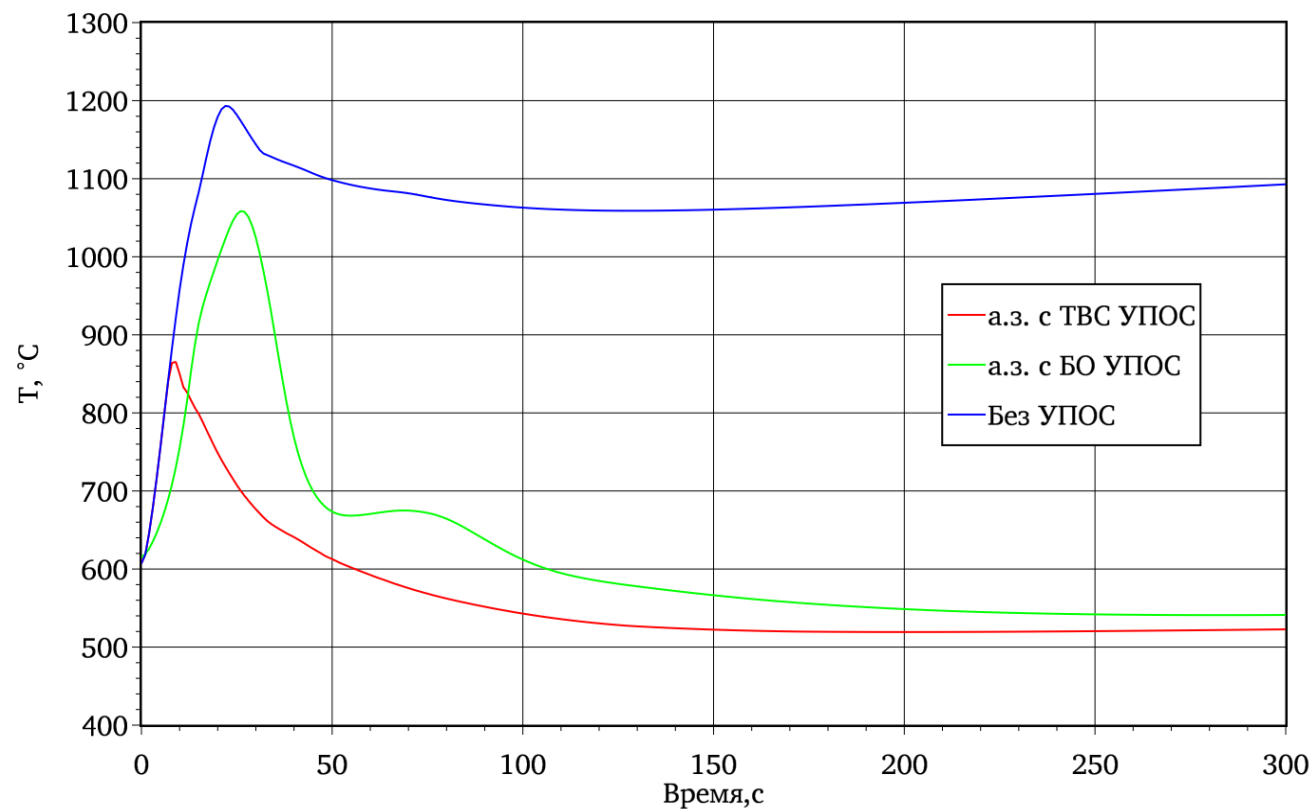
Эффекты реактивности

T_{max} на внутренней поверхности оболочки твэл - 864 °C

Потеря электропитания собственных нужд энергоблока

Максимальные температуры в а.з.

	Вариант конструкции		
	ТВС УПОС	БО УПОС	Без УПОС
Максимальная температура оболочки, °С	864	1062	1198
Максимальная температура топлива, °С	1380	1400	1508
Максимальная температура СТ на выходе ТВС, °С	781	1011	1170



Изменение максимальной температуры оболочки

Результаты расчетов режима несанкционированного ввода полного запаса реактивности при работе на номинальном уровне мощности (УПОС входят в состав ТВС)

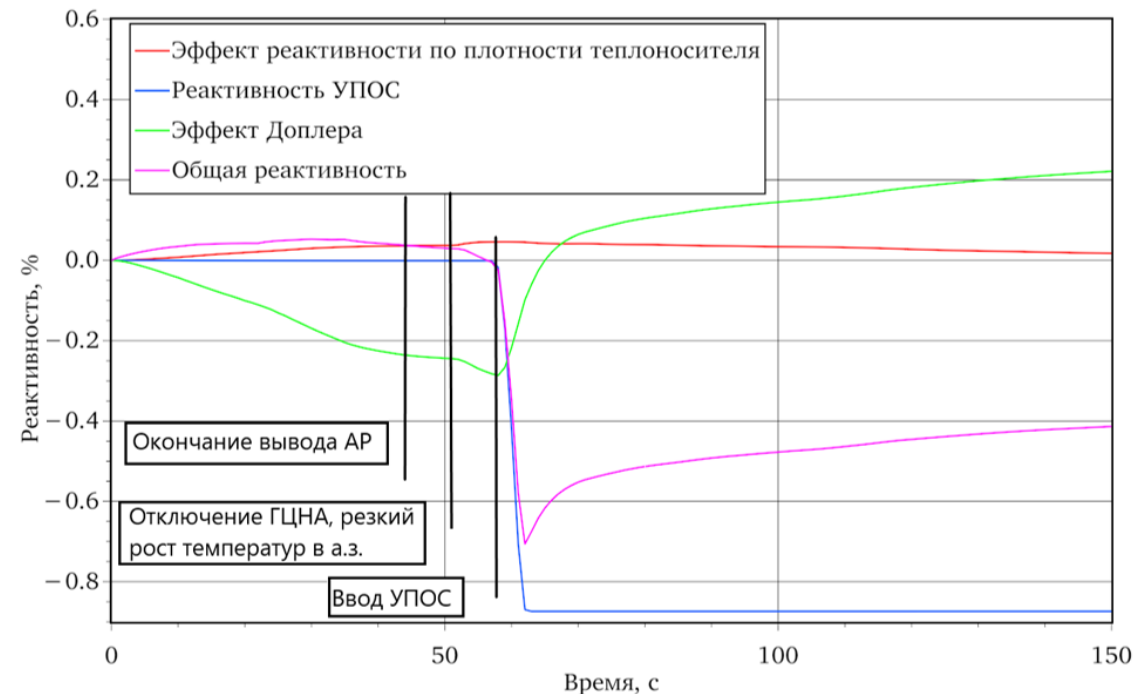
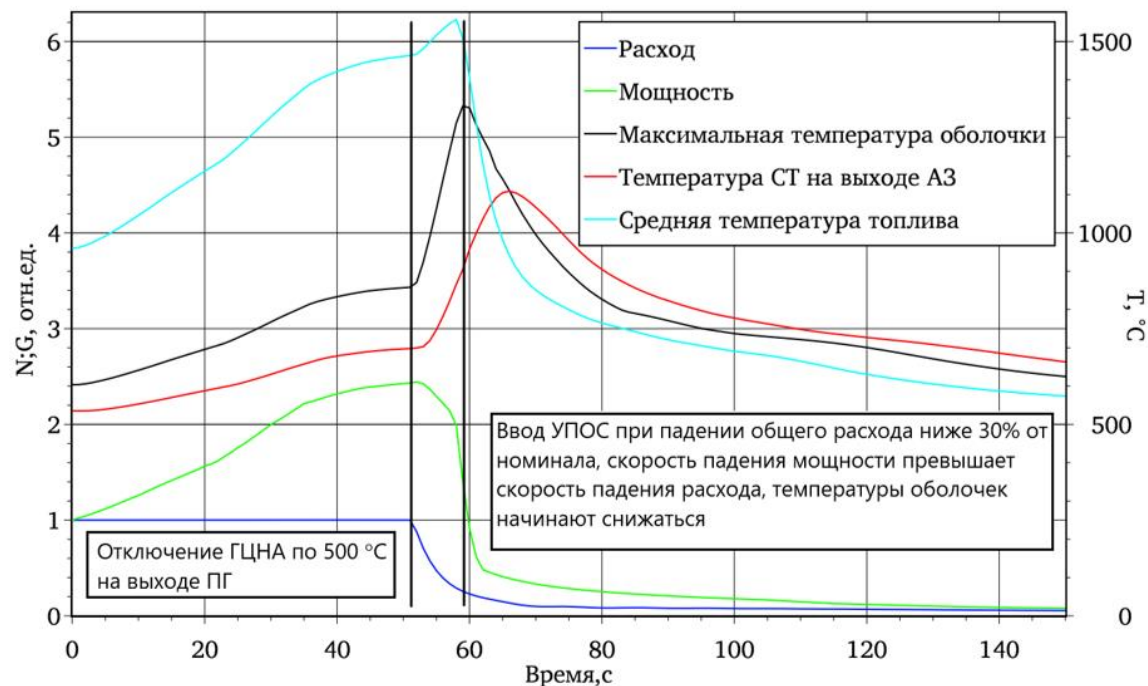


НИКИЭТ
РОСАТОМ

ГЦНА отключаются по повышению температуры теплоносителя на выходе из ПГ до 500 °С

По снижению расхода СТ через а.з. до 30% от номинала пассивно вводятся УПОС

Рассмотрены отказы систем остановки реактора и предупредительной защиты по всем сигналам



Мощность РУ, расход СТ через а.з. и температуры

Эффекты реактивности

T_{\max} на внутренней поверхности оболочки твэл - 1359 °С

Результаты сравнительных расчетов различных вариантов а.з.



НИКИЭТ
РОСАТОМ

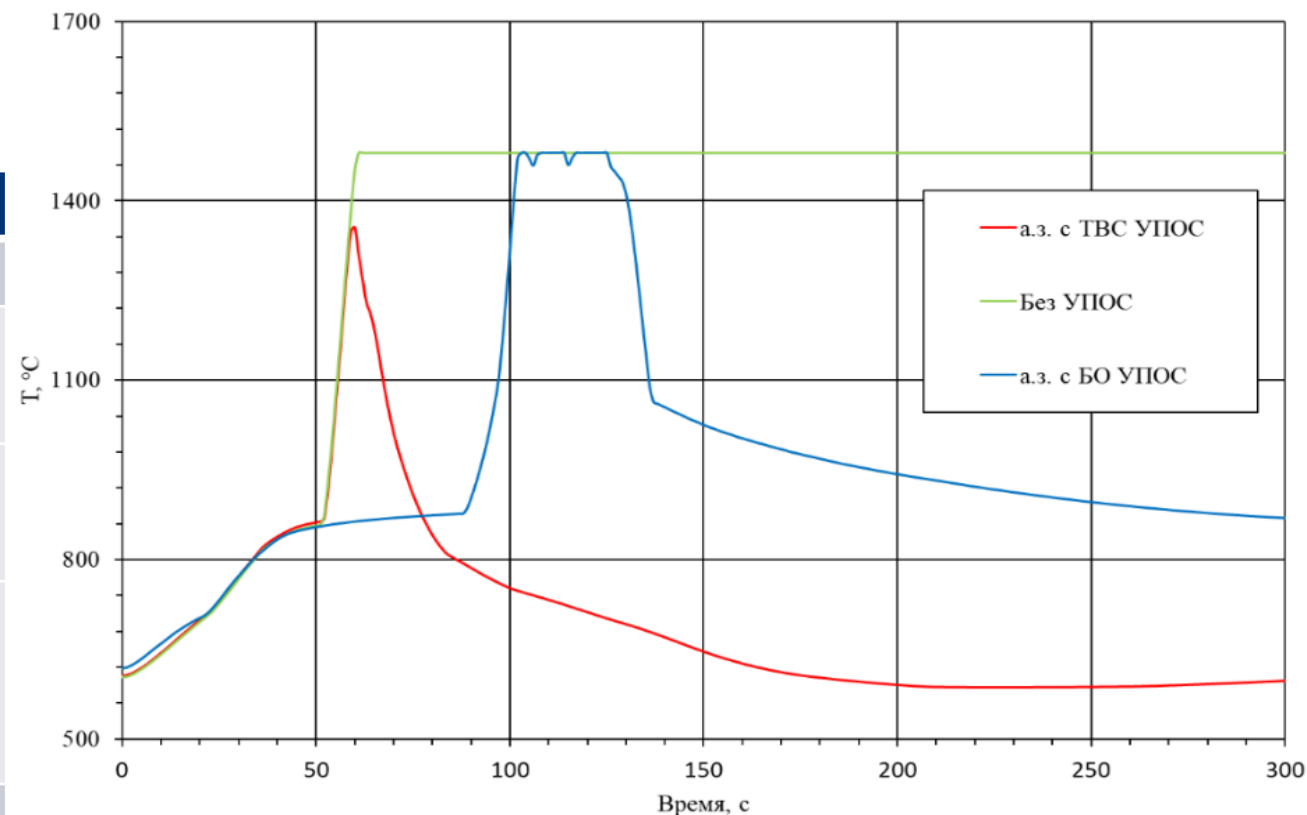
Несанкционированный ввод полного запаса реактивности при работе на номинальном уровне мощности

Максимальные температуры в а.з.

	Вариант конструкции		
	ТВС УПОС	БО УПОС*	Без УПОС
Максимальная температура оболочки, °С	1359	1480**	1480**
Максимальная температура топлива, °С	2180	2120	2280
Максимальная температура СТ на выходе ТВС, °С	1182	1348	1424

*Для конструкции с БО УПОС приняты алгоритмы актуальные на момент ее разработки, в частности «запаздывание отключения ГЦНА в 40 с»

** Расчет ограничен температурой плавления оболочки твэлов (1480 °С)



Изменение максимальной температуры оболочки

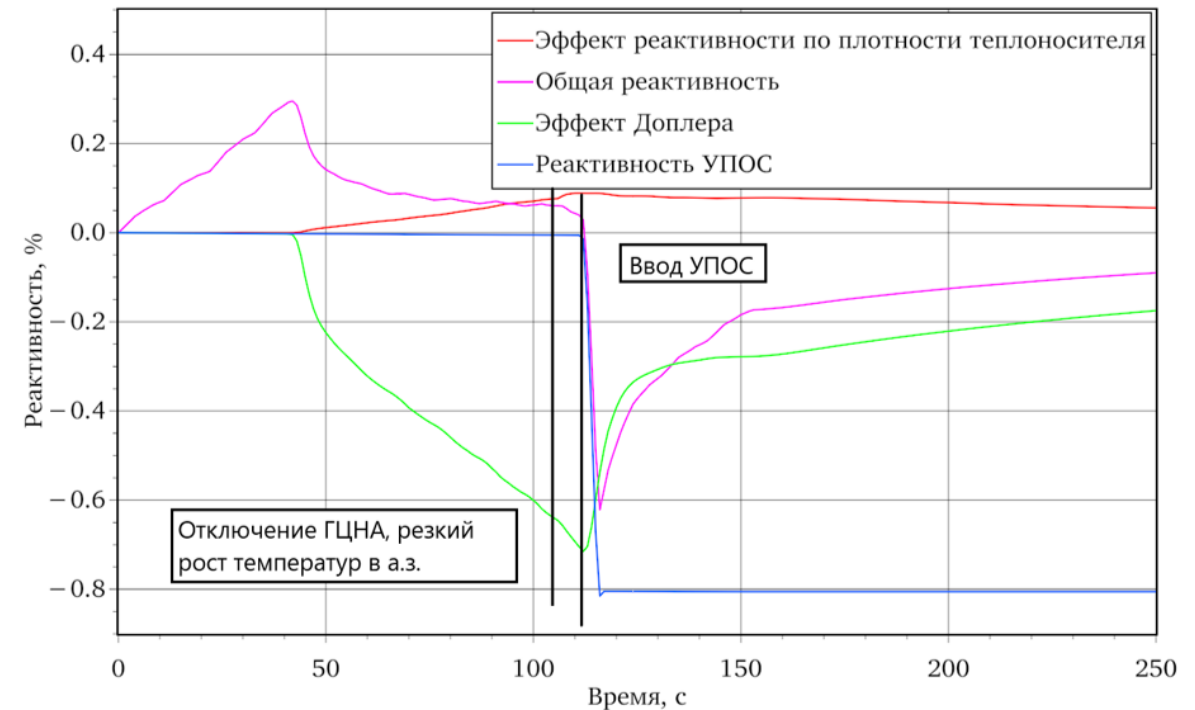
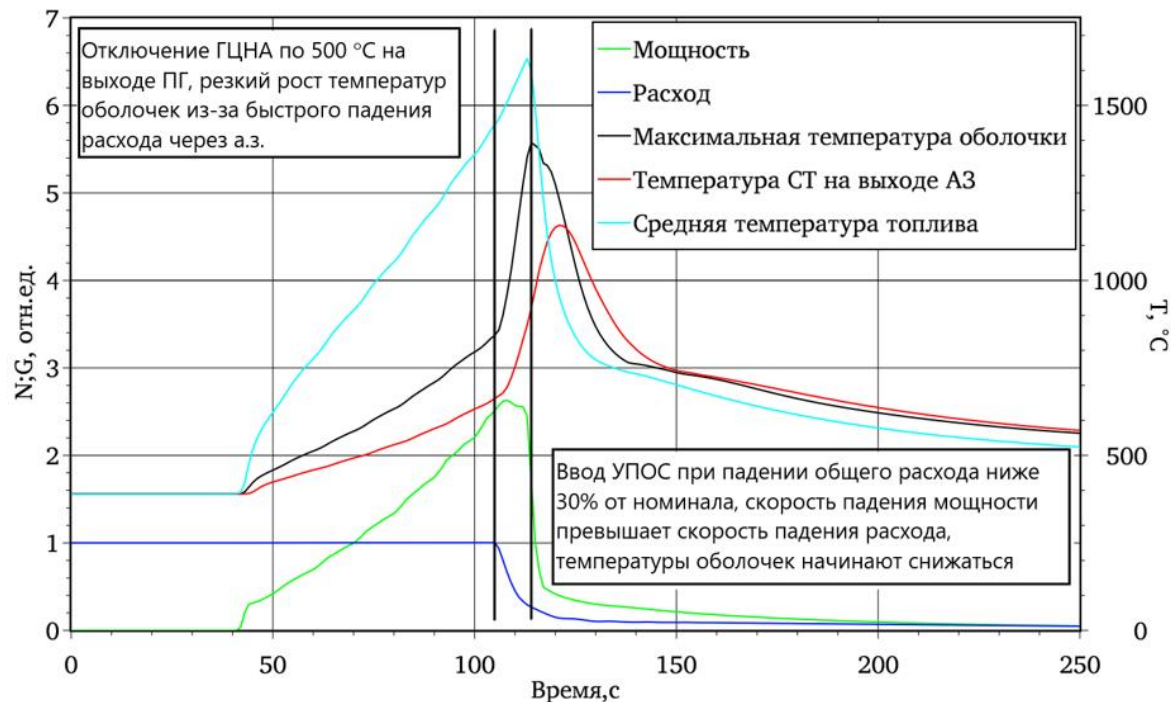
Результаты расчетов режима несанкционированного ввода полного запаса реактивности при работе на МКУ (УПОС входят в состав ТВС)



ГЦНА отключаются по повышению температуры теплоносителя на выходе из ПГ до 500 °С

По снижению расхода СТ через а.з. до 30% от номинала пассивно вводятся УПОС

Рассмотрены отказы систем остановки реактора и предупредительной защиты по всем сигналам



Мощность РУ, расход СТ через а.з. и температуры

Эффекты реактивности

T_{\max} на внутренней поверхности оболочки твэл - 1422 °С

Результаты сравнительных расчетов различных вариантов а.з.

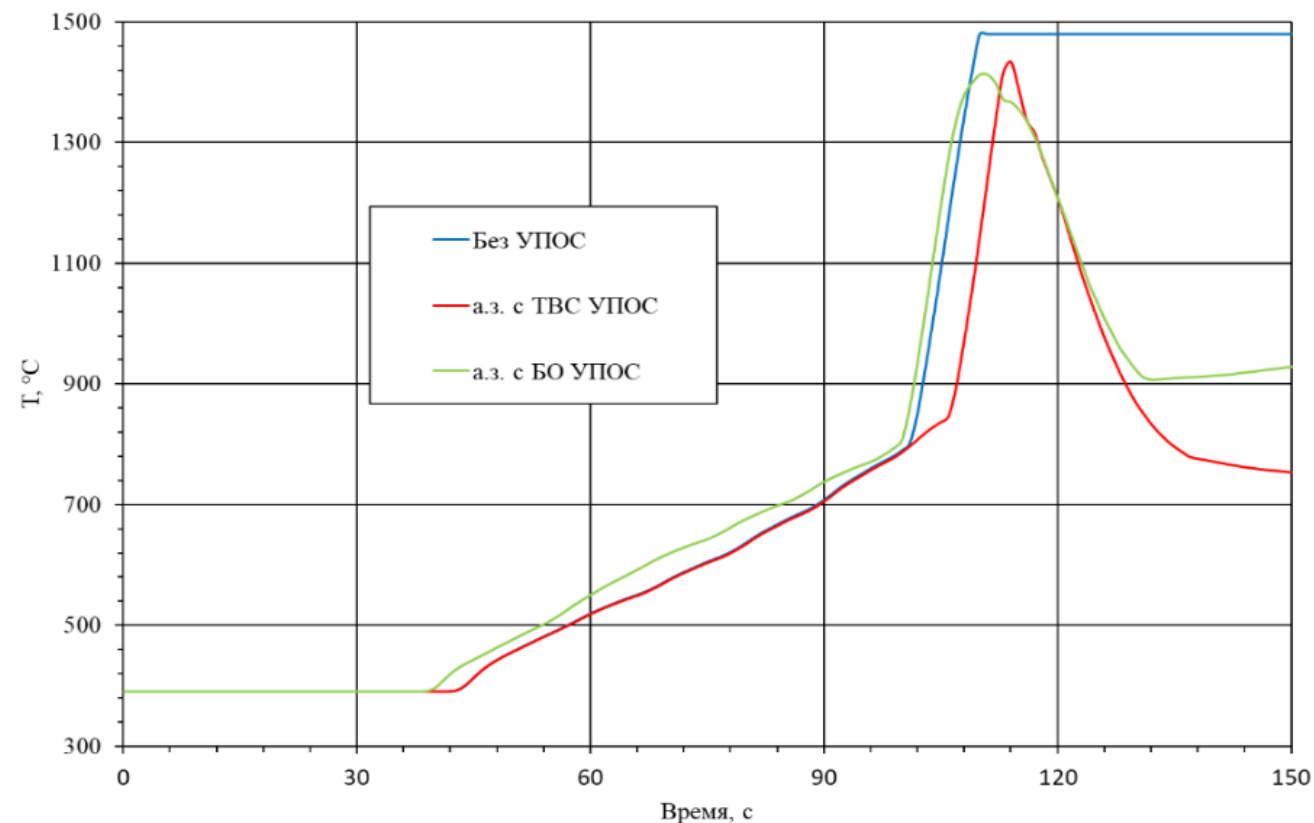


НИКИЭТ
РОСАТОМ

Несанкционированный ввод полного запаса реактивности при работе на МКУ

Максимальные температуры в а.з.

	Вариант конструкции		
	ТВС УПОС	БО УПОС	Без УПОС
Максимальная температура оболочки, °С	1422	1403	1480
Максимальная температура топлива, °С	2310	2180	2377
Максимальная температура СТ на выходе ТВС, °С	1350	1369	1433



Изменение максимальной температуры оболочки

Выводы



- По полученным сравнительным расчетам аналогичных аварий для варианта а.з. с БО УПОС и ТВС УПОС видно, что для сценариев обесточивания и ввода положительной реактивности на номинальном уровне мощности **а.з. с ТВС УПОС обеспечивает снижение температуры оболочек твэлов.** Для ЗПА с вводом положительной реактивности на МКУ УПОС влияет в основном на установившуюся температуру оболочки
- Выполненные расчетные исследования показали, что **УПОС оказывает решающее влияние на течение переходного процесса.** Показано, что только в сценарии с вводом полного запаса реактивности с МКУ температуры оболочек твэлов кратковременно приближаются к температуре плавления (1480 °С) достигая 1422 °С
- По результатам проведенных расчетов ЗПА без учета работы УПОС, сделан вывод о **необходимости наличия УПОС для преодоления запроектной аварии без плавления элементов а.з.**

Спасибо за внимание

Вологина Софья Андреевна

Техник

28.05.2024