



Верификация с помощью ПС ATHLET  
теплогидравлических расчетов переходных  
процессов при проектной аварии, вызванной  
непосадкой предохранительного клапана  
компенсатора давления, представленных в отчете по  
обеспечению безопасности Белорусской АЭС

Дубина Ю.В.

Центр по ядерной и радиационной безопасности

Шапоров В.А., Шапорова Е.А.

Объединенный институт энергетических и ядерных исследований –  
“Сосны” НАН Беларуси

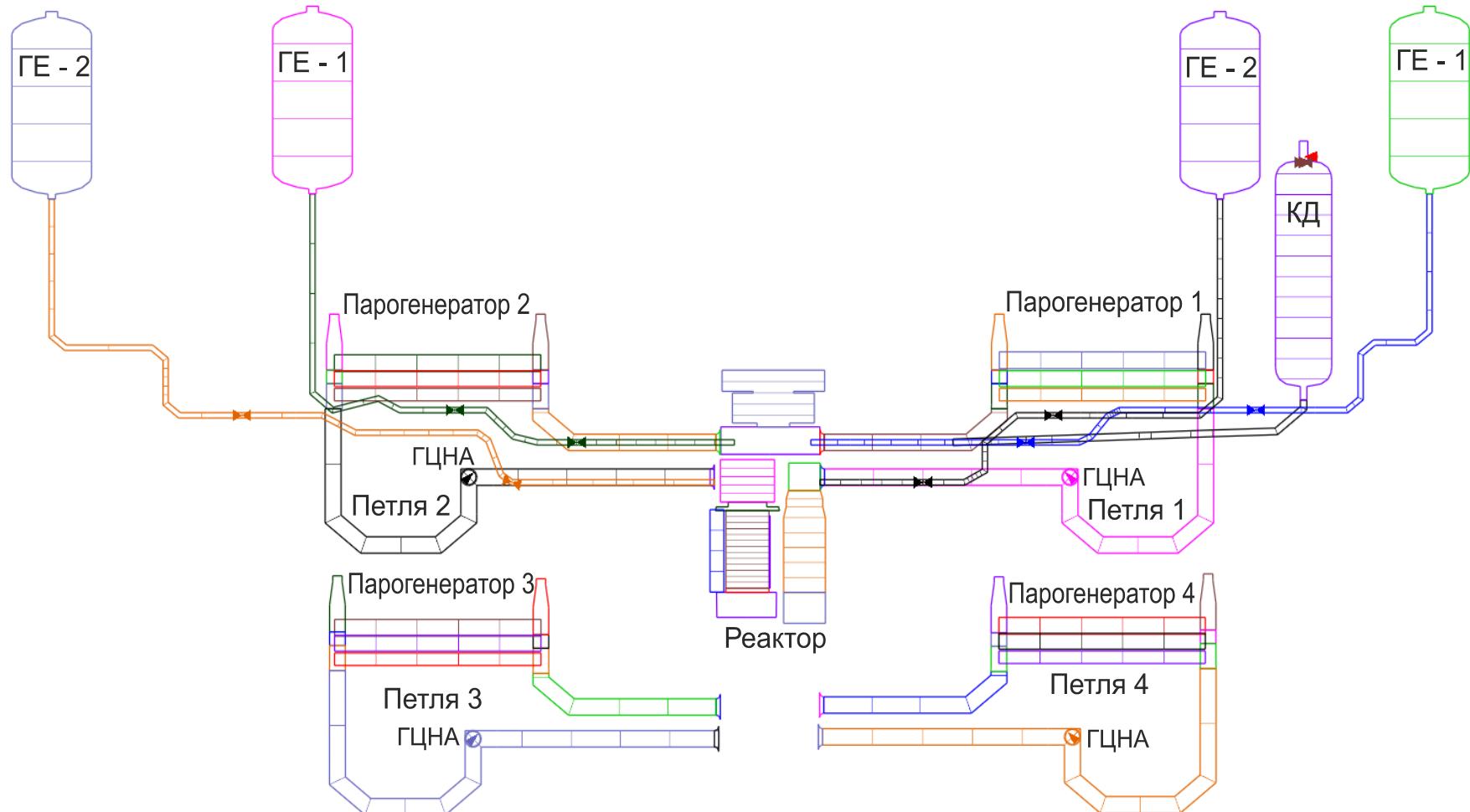
## Цель и задачи

- разработать файл входных данных для верификационных расчетов и с помощью программного средства ATHLET провести моделирование переходных процессов при проектной аварии, вызванной непосадкой предохранительного клапана компенсатора давления;
- провести верификацию результатов, полученных при проектировании АЭС, для обоснования безопасности РУ ВВЭР-1200 Белорусской АЭС при проектной аварии, вызванной непосадкой предохранительного клапана компенсатора давления.

# Файл входных данных для ПС ATHLET



В основе данного файла лежат теплогидравлические модели основных элементов оборудования РУ ВВЭР-1200, интегрированные в единую расчетную модель.



Расчетная схема первого контура

Используются результаты моделирования стационарного состояния  
«работа на мощности» в консервативном приближении



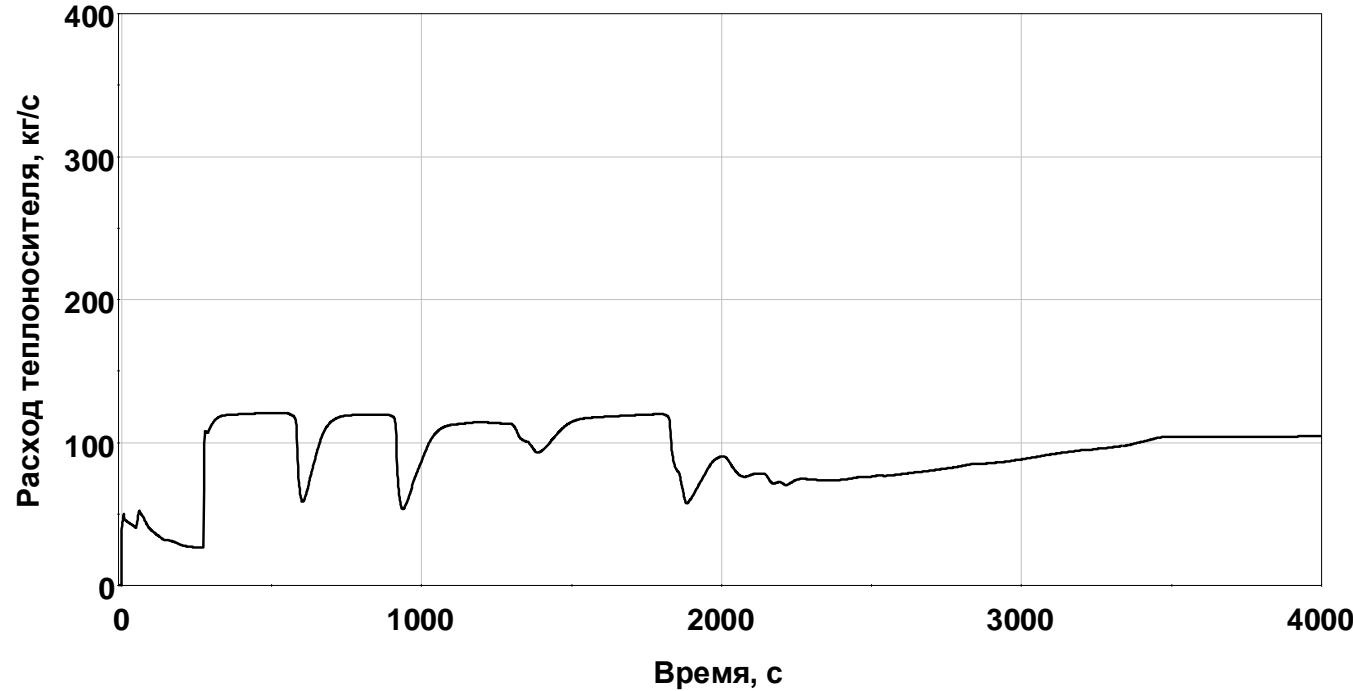
№ п/п	Наименование	Расчетное значение	Проектное значение	Отклонение от проектного значения
1	Тепловая мощность реактора при максимальном положительном отклонении, МВт	3328	3200	4% N <sub>НОМ</sub>
2	Давление теплоносителя на выходе из активной зоны, МПа	16,5	16,2±0,3	0,3
3	Температура теплоносителя на выходе в реактор, °C	300,2	298,2 (+2, -4)	2,0
4	Температура теплоносителя на выходе из реактора, °C	332,0	328,6±4	4,0
5	Расход теплоносителя через реактор, кг/с	17637,0	18260 (+436, -623)	623,0
6	Давление генерируемого пара на выходе из коллектора пара ПГ, МПа	7,10	7,00±0,10	0,1
7	Температура питательной воды при максимальном положительном отклонении мощности, °C	230,0	225±5	5,0
8	Уровень теплоносителя в ПГ, м	2,7	2,7±0,05	0,0
9	Уровень смешения в КД, м	8,17	8,17±0,15	0,0
10	Перепад давления на участке от входных патрубков до входа в хвостовики ТВС, МПа	0,179	0,208	0,029
11	Перепад давления на активной зоне, МПа	0,202	0,194	0,008
12	Перепад давления на участке межтрубного объема БЗТ, МПа	0,029	0,030	0,001
13	Перепад давления на реакторе (без входных и выходных патрубков), МПа	0,433	0,432	0,001

# Результаты моделирования проектной аварии



Непреднамеренное открытие предохранительного клапана

компенсатора давления с последующей непосадкой моделируется как течь из КД

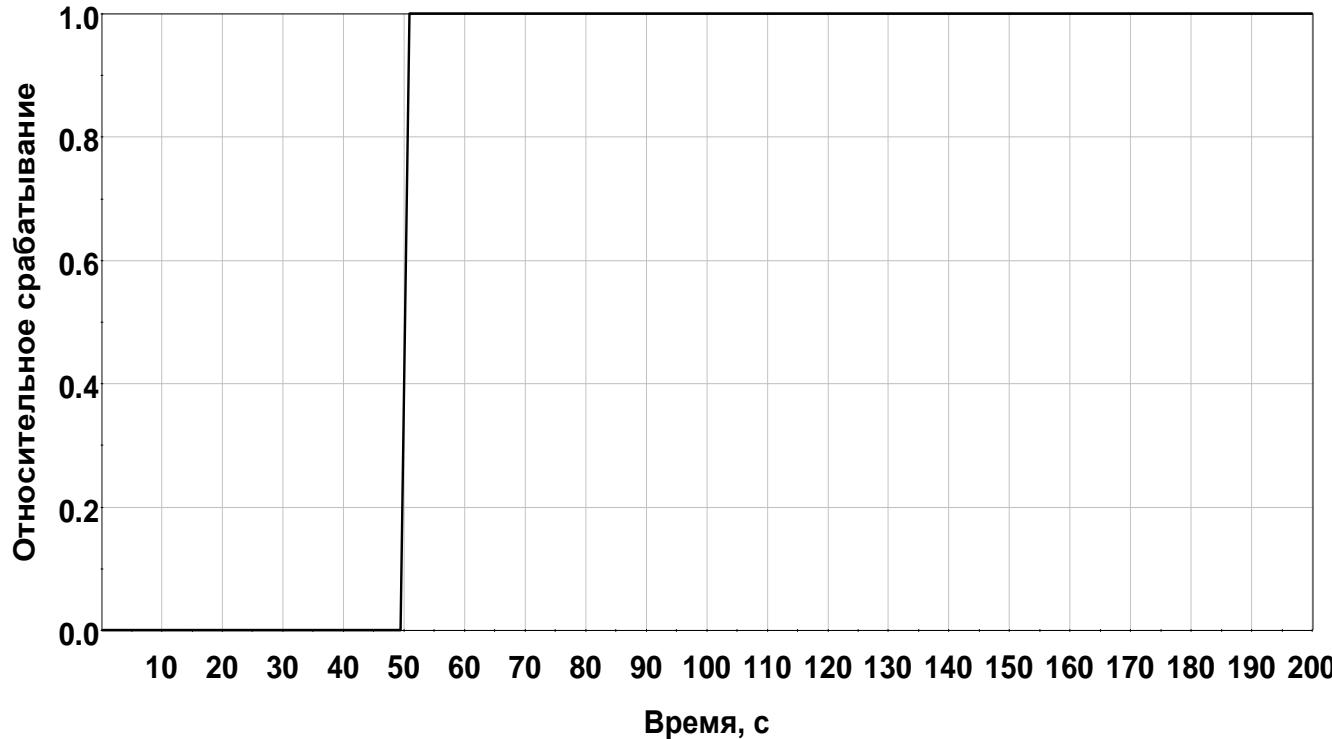


Изменение со временем расхода теплоносителя в течь

# Результаты моделирования проектной аварии



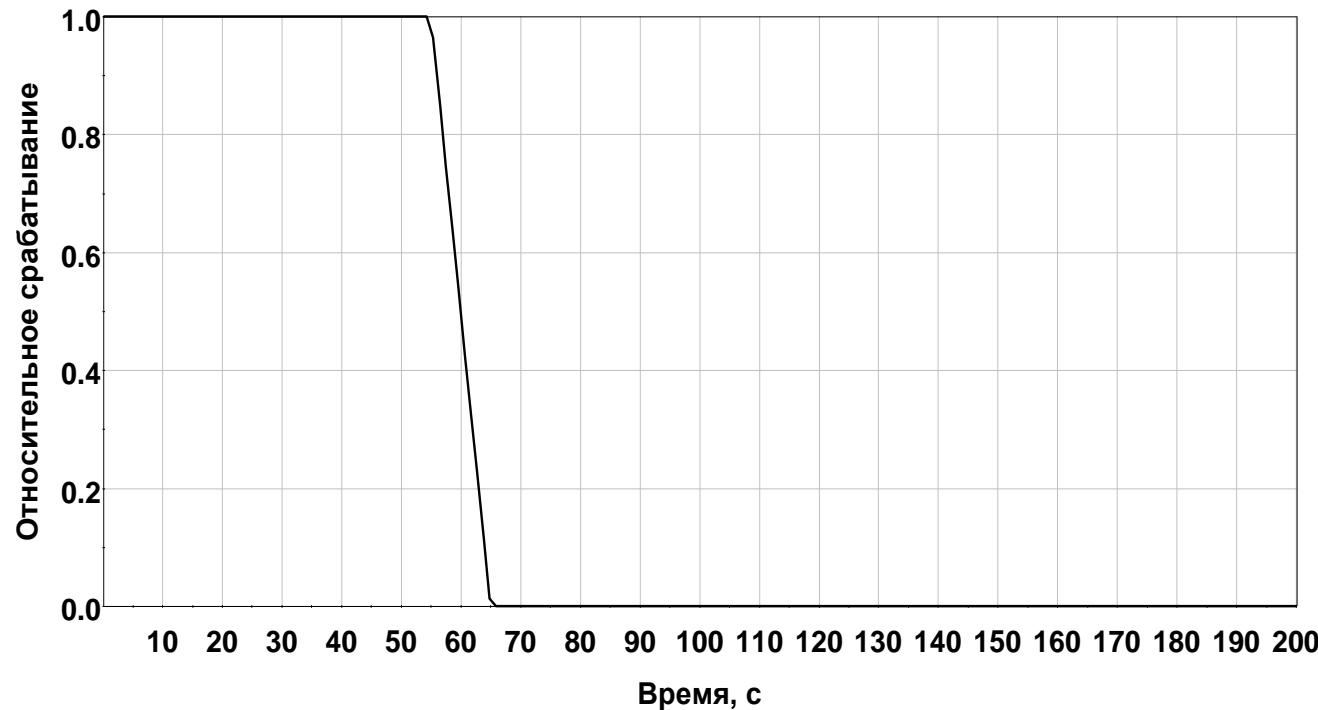
Срабатывание АЗ происходит с задержкой 4 с от момента достижения уставки по снижению давления теплоносителя на выходе из активной зоны до величины 14,20 МПа при температуре в горячих нитках петель более 260 °С. В моделируемой системе данная уставка срабатывает на 50 с. В расчетах, выполненных с помощью ТЕЧЬ-М-97, аналогичная уставка срабатывает на 61 с.



# Результаты моделирования проектной аварии

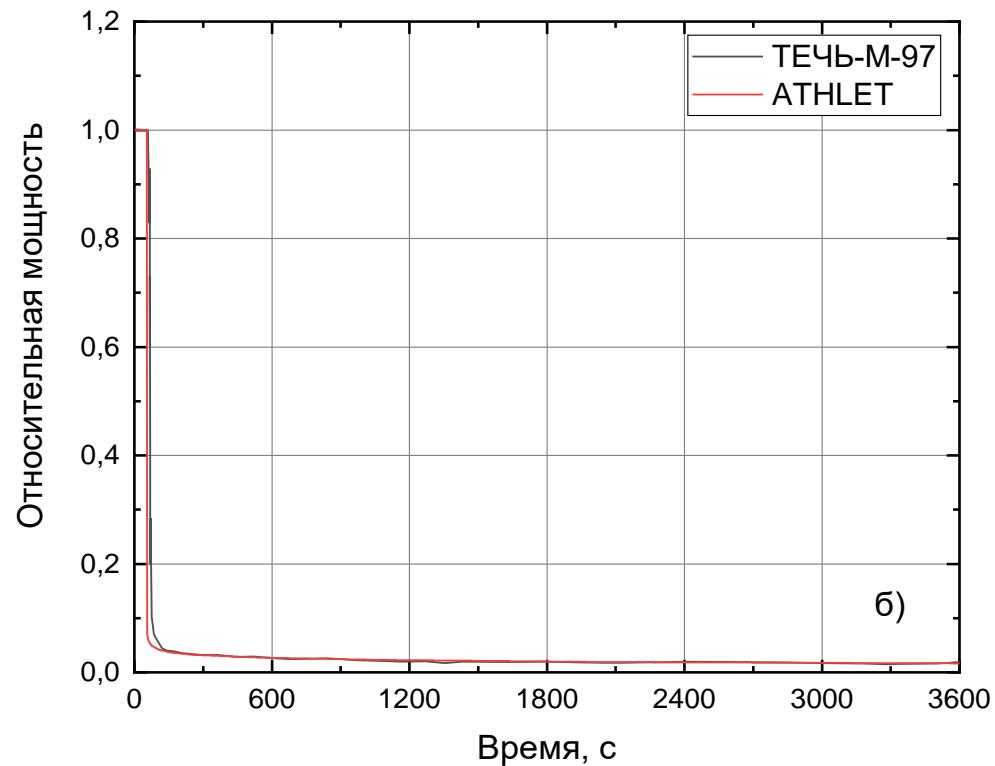
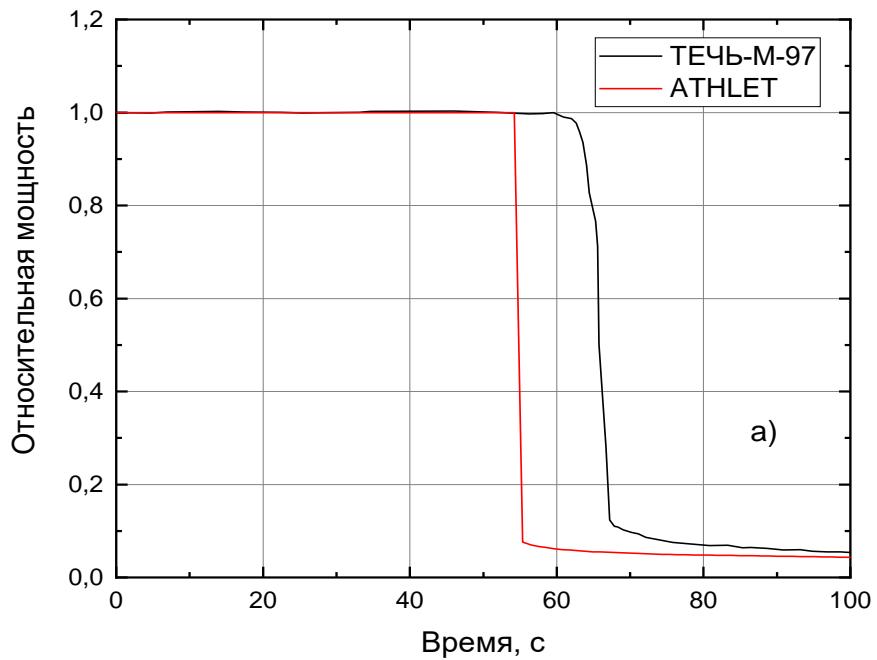


После срабатывания АЗ с задержкой 4 с (для более консервативного рассмотрения) закрываются стопорные клапаны ТГ на 54 с



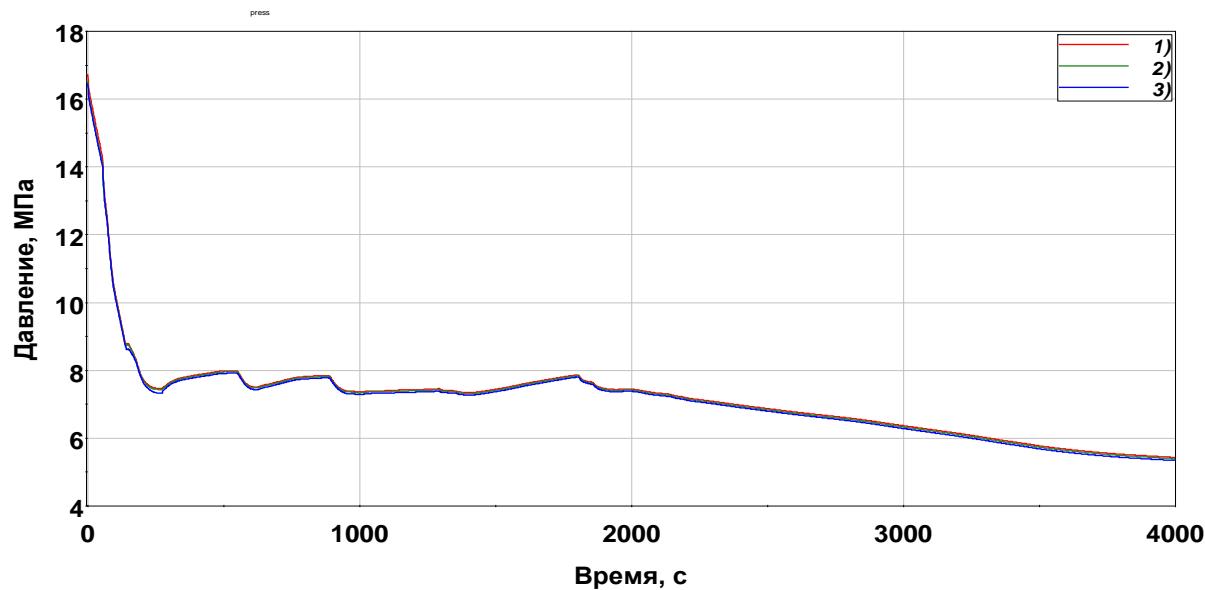
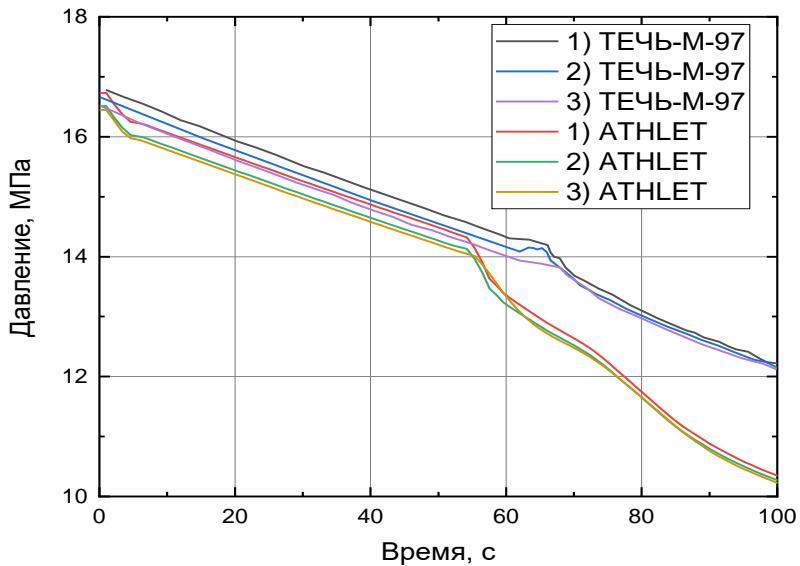
# Результаты моделирования проектной аварии

## изменение относительной мощности РУ со временем



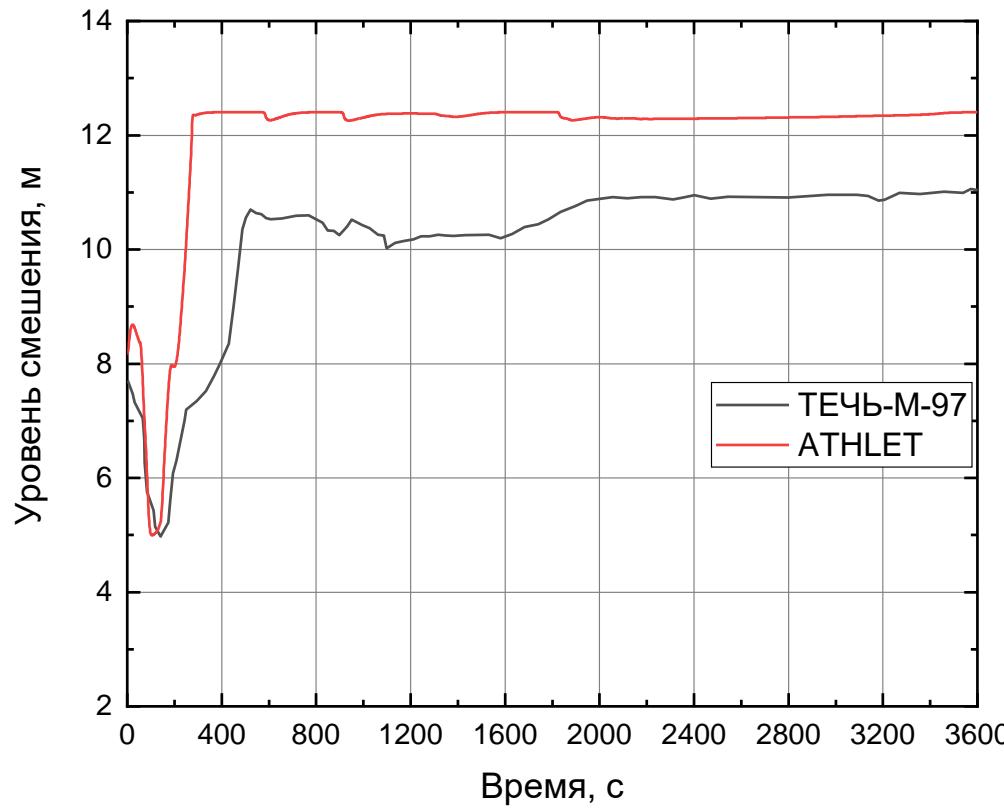
# Результаты моделирования проектной аварии

Изменения давления со временем: а) от 0 до 100 с, б) от 0 до 4000 с  
1) на входе в активную зону, 2) на выходе из активной зоны, 3) в КД



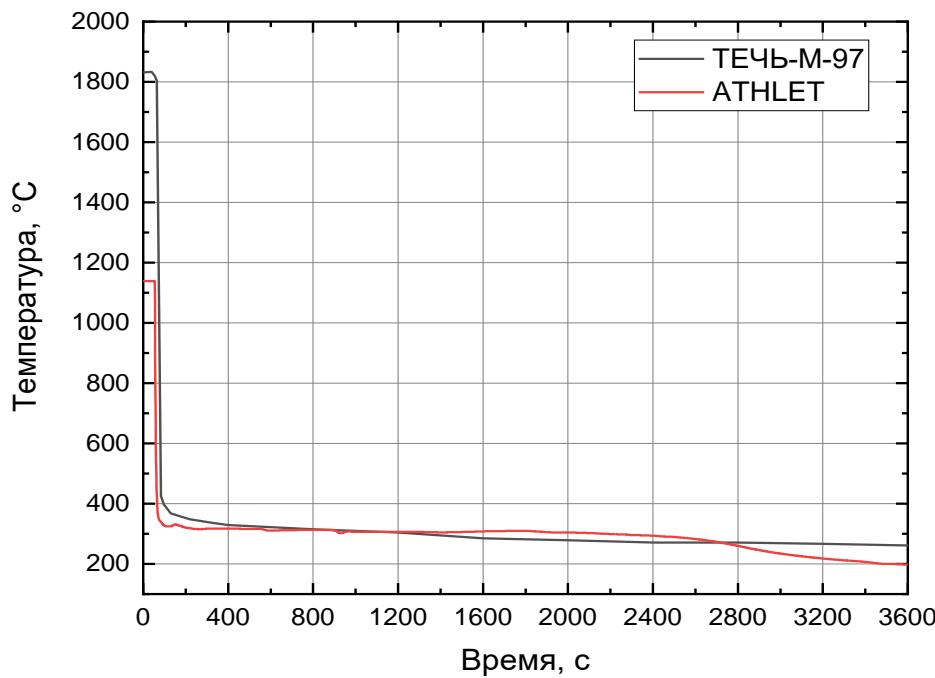
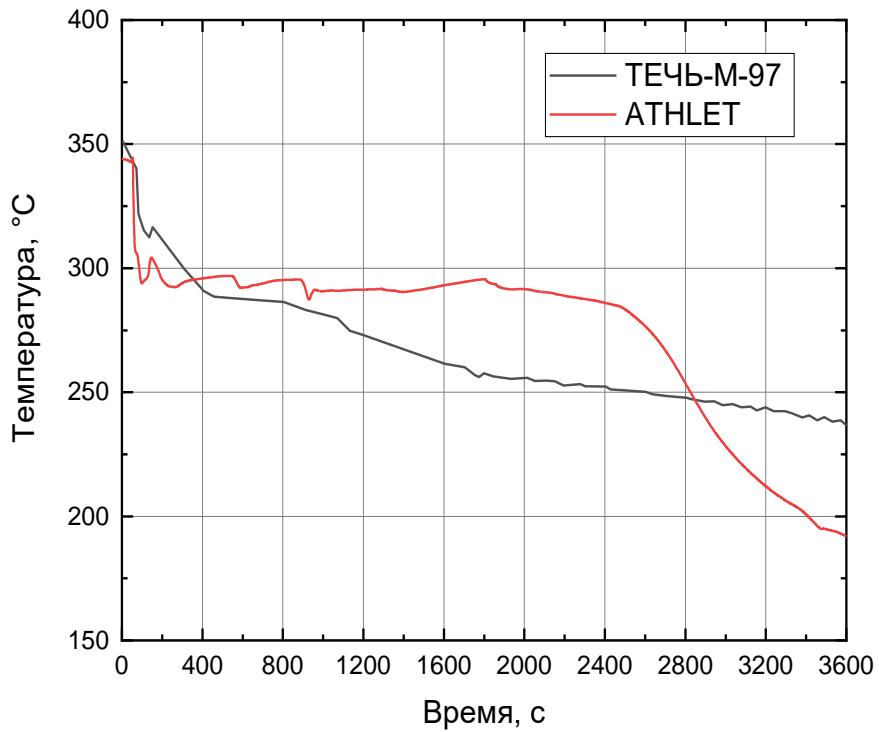
# Результаты моделирования проектной аварии

## Изменение уровня смешения в КД со временем



- В начале расчетов уровень в КД в нашем случае был 8,17 м, что соответствовало номинальному значению и такое значение используется проектантами при расчете проектных аварий с течью. В случае расчетов с ПС ТЕЧЬ-М-97 начальное значение уровня – 7,71 м. Несмотря на это, обе кривые имеют минимумы 5,0 м и 5,14 м в моменты 104,2 с и в 118,7 с.

# Результаты моделирования проектной аварии



## Выводы:

- Разработан файл входных данных для проведения верификационных расчетов с помощью программного средства ATHLET стационарного состояния «работа на мощности» и переходных процессов в РУ ВВЭР-1200 Белорусской АЭС при проектной аварии, вызванной непосадкой предохранительного клапана компенсатора давления.
- Анализ теплогидравлических расчетов переходных процессов при проектной аварии, вызванной непосадкой предохранительного клапана компенсатора давления, показал, что приемочные критерии, характеризующие безопасность рассмотренной реакторной установки, в частности, по температуре топлива и оболочки твэла, выполняются, что подтверждает выводы по результатам, полученным при проектировании АЭС.



Спасибо за внимание!