

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
"КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ"
КУРЧАТОВСКИЙ ЯДЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**



ВВЭР-ТОИ

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для
различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ**

ТОИ-NIR-BDD0013

Ревизия А01

Собственность ОАО «Концерн Росэнергоатом». Запрещается без предварительного письменного разрешения собственника воспроизводить, переводить, изменять в любой форме или частично, передавать во временное или постоянное пользование другим организациям или лицам, разглашать или использовать сведения в коммерческих интересах лиц и организаций, не связанных договорными обязательствами с собственником.

**Учтенная копия
Экз. № ____ из ____**

2015

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
"КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ"
КУРЧАТОВСКИЙ ЯДЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**



Инв. № 110.10-55/1-55-115

ВВЭР-ТОИ

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для
различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ**

TOI-NIR-BDD0013

Ревизия А01

**Руководитель Курчатовского
ядерно-технологического
комплекса**

Руководитель ОВВЭР

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned between the names of the two officials.

Ю.М. Семченков

К.Б. Косоуров

2015

Продолжение на следующем листе

ВВЭР-ТОИ
ОТЧЕТ О НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Обоснование допустимых уровней
мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного
числа и месторасположения
работоспособных ДПЗ
ТОИ-NIR-BDD0013
Ревизия А01

**Руководитель работ по договору,
начальник лаборатории**

Начальник ОКУД

Заместитель начальника отдела

Инженер второй категории

Нормоконтролер



Н.В. Мильто



А.Е. Калинушкин



В.А. Мильто



Н.В. Липин



Г.В. Гурина

НИИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
------------------------------	--	-----

АННОТАЦИЯ

Отчет 43 стр., 14 рис., 6 табл., 5 источников.

ВВЭР–ТОИ, ПОГРЕШНОСТЬ, ДЕГРАДАЦИЯ, РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, ДПЗ, СВРК.

В работе представлено описание существующих степеней «деградации» указаны их недостатки.

В рамках данной работы предложен новый подход к определению контролируемости ТВС и степеням «деградации» СВРК по количеству и местоположению работоспособных СВРД.

На примере топливных загрузок проекта ВВЭР-ТОИ проведено обоснование уровней снижения мощности РУ при выходе из строя внутриреакторных детекторов до возникновения какой-либо степени «деградации» СВРК.

Для проверки предложенных в настоящем отчете степеней деградации СВРК и уровней снижения эксплуатационных ограничений по контролируемым внутриреакторным параметрам при изменении погрешности восстановления поля энерговыделения при различном числе и местоположении работоспособных ДПЗ разработаны предложения в программу и методику испытаний на энергоблоке.

НИИ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Параметры энерговыделения, контролируемые в СВРК	7
2 Принцип формирования уставок по контролируемым параметрам	9
3 Описание существующих степеней деградации и их недостатки.....	11
4 Расчет изменения погрешности восстановления поля энерговыделения в ПО СВРК при работе реактора в суточном графике нагрузки.....	14
4.1 Необходимость выполнения дополнительных работ	14
4.2 Метод тестирования.....	14
4.3 Описание расчетного моделирования работы реактора в суточном графике нагрузки	14
4.4 Расчеты с выходом из строя СВРД.....	21
5 Обобщающий анализ результатов и новый подход к определению степеней «деградации»	25
6 исследование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и местоположения работоспособных ДПЗ.....	31
6.1 Анализ топливных загрузок проекта ВВЭР ТОИ	31
6.2 Анализ работоспособности ДПЗ действующих энергоблоков.....	35
7 Предложения к программе и методике проведения экспериментальных исследований по обоснованию точностных характеристик СВРК для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ.	37
Заключение	39
Перечень принятых сокращений	41
Список использованных источников	42
Лист регистрации изменений.....	43

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	--	-----

ВВЕДЕНИЕ

Согласно требованию п. 2.4.11 «Правил ядерной безопасности реакторных установок атомных станций» НП-082-07 в проекте РУ должны быть установлены допустимые значения мощности реактора в зависимости от работоспособности управляющих систем нормальной эксплуатации (УСНЭ) при частичной потере функции. Выход из строя проектного набора ДПЗ (в зависимости от числа и мест размещения вышедших из строя) может вызвать невыполнение функции контроля распределения поля с заявленной точностью в области активной зоны, где не остается работоспособных датчиков.

В настоящее время в соответствии с технологическим регламентом безопасной эксплуатации ВВЭР-1000 допустимые уровни мощности реактора зависят от количества работоспособных датчиков СВРК. Например, если по причине выхода из строя ДПЗ неконтролируемый объем составляет от 14-ти до 82-х ТВС без появления каких-либо признаков переходного режима и с сохранением работоспособности не менее 50 % термопар на выходе ТВС, необходимо снизить мощность реактора до уровня 80 % от номинальной.

Установленные допустимые уровни мощности реактора при различном количестве и месторасположении работоспособных датчиков были приняты при предыдущем поколении СВРК и не имеют строгого обоснования, и, возможно, обладают излишним консерватизмом. Снятие излишнего консерватизма позволит обоснованно эксплуатировать РУ на более высоком уровне мощности при выходе из строя ДПЗ, что позволит увеличить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ).

Результаты работ будут использованы в Отчете по обоснованию безопасности РУ ВВЭР-ТОИ и в технологическом регламенте безопасной эксплуатации РУ в части допустимых уровней мощности реактора в зависимости от работоспособности СВРК.

НИИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
------------------------------	--	-----

1 ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ, КОНТРОЛИРУЕМЫЕ В СВРК

Одним из параметров, определяющих безопасную эксплуатацию энергоблока является энерговыделение в активной зоне, контролируемое с помощью СВРК.

Основу внутриреакторного контроля с помощью СВРК составляют распределенные по сечению и высоте активной зоны нейтронные детекторы типа ДПЗ. По защитным направляющим каналам БЗТ реактора в трубке ТВС устанавливаются 54 СВРД, включающих детекторы нейтронного потока типа ДПЗ (по семь ДПЗ в каждом) и термоэлектрические преобразователи. Это обеспечивает измерение энерговыделения в 378 участках активной зоны реактора и контроль температуры теплоносителя на выходе из ТВС.

ПТК СВРК по контролю энерговыделения состоит из нижнего (ПТК-3) и верхнего (ПТК ВУ) уровней (смотри рисунок 1.1).

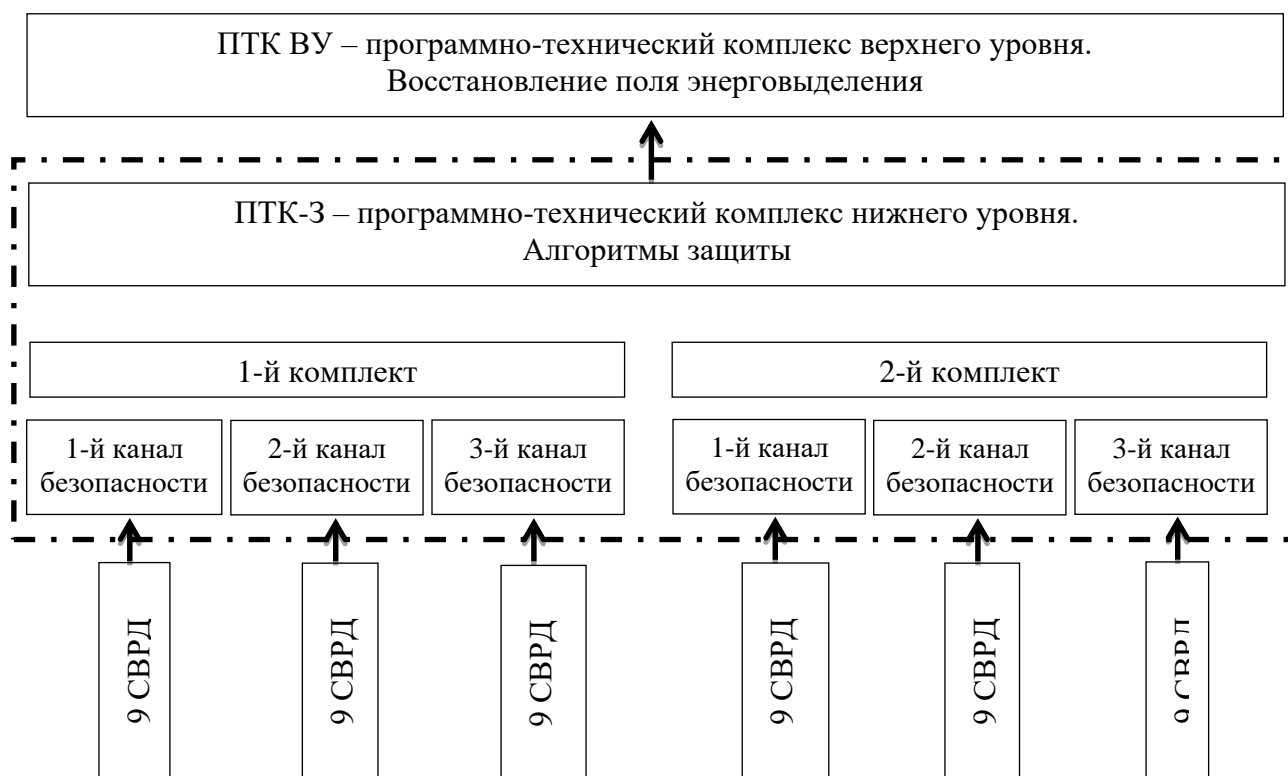


Рисунок 1.1 – Схема разделения ПТК СВРК по контролю энерговыделения

В ПТК ВУ СВРК осуществляется восстановление поля энерговыделения, учитывающее показания внутриреакторных датчиков, текущее положение органов регулирования и измерения, полученные с помощью теплогидравлических датчиков. В основе алгоритма лежит система линейных уравнений, связывающая поле измеренных энерговыделений с искомым полем энерговыделений с помощью законов, выраженных в виде набора линейных операторов, полученных ранее при решении диффузионной задачи. Восстановление поля энерговыделения в ПТК ВУ производится с периодичностью 5 с при уровне мощности РУ от 10 до 110 % $N_{ном}$. В ПТК ВУ (ВВЭР-ТОИ) предусматривается контроль следующих параметров энерговыделения:

ТОI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	7
-----------------	---	---

НИИ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

- коэффициенты неравномерности объемного энерговыделения (K_v);
- линейное энерговыделение твэлов/твэгов/периферийных твэлов (Q_l)

Коэффициенты неравномерности объемного энерговыделения определяются после проведения процедуры восстановления поля энерговыделения.

Линейное энерговыделение участка топливного элемента в СВРК определяется по следующему соотношению

$$Q_{l_{ijk}} = q_{cp} \cdot K_{v_{ij}} \cdot K_{k_{ijk}}, \quad (1)$$

где $Q_{l_{ijk}}$ – линейное энерговыделение k-го топливного элемента в i-ом слое j-ой ТВС, Вт/см;
 q_{cp} – среднее линейное энерговыделение в тепловыделяющих элементах на номинальной мощности, Вт/см;

$K_{v_{ij}}$ – коэффициент неравномерности объемного энерговыделения в i-ом слое j-ой ТВС;

$K_{k_{ijk}}$ – относительная мощность k-го топливного элемента в i-ом слое j-ой ТВС, (рассчитывается программой потвельного расчета, предусмотренной в составе СВРК, и использующей входные параметры восстановленного поля энерговыделения);

В ПТК-3 СВРК производится формирование сигналов защиты по внутриреакторным локальным параметрам (локальное энерговыделение твэлов/твэгов/периферийных твэлов, запас до кризиса теплообмена). ПТК-3 состоит из двух независимых трехканальных комплектов. Распределение СВРД по каналам безопасности произведено из соображений равномерного распределения по активной зоне СВРД каждого канала безопасности и комплекта ПТК-3. Каждый канал аппаратуры подключен к своей группе датчиков и формирует независимый сигнал защиты по локальным параметрам. Для обеспечения метрологической точности и надежности формирования сигнала защиты по локальным параметрам для каждого из измерительных каналов, входящих в один комплект, допускается использование в качестве независимых параметров измеренных данных по локальному энерговыделению от других измерительных каналов данного комплекта, получаемых по гальванически развязанной внутренней локальной сети (ЛС НУ) типа CAN. Данное решение не противоречит принципу независимости каналов защиты [1].

Для обеспечения функционирования ПТК-3 в части формирования сигналов защиты периодически или по требованию персонала осуществляется прием и обновление в ПТК-3 настроечной информации от ПТК ВУ СВРК (коэффициенты чувствительности ДПЗ и другая необходимая информация). Процедура передачи настроечной информации из ПТК ВУ в ПТК-3 называется калибровкой. По опыту эксплуатации необходимость калибровки возникает не чаще одного раза в неделю.

Расчет контролируемых параметров в ПТК-3 производится с периодичностью 1 с. В ПТК-3 предусматривается формирование сигналов защиты (АЗ, ПЗ) по линейному энерговыделению в диапазоне мощности РУ от 20 до 110 % $N_{ном}$.

Величина линейного энерговыделения наиболее энергонапряженного твэла/твэга/периферийного твэла участка ТВС определяется статистическим суммированием величин линейного энерговыделения, определенных по показаниям ближайших ДПЗ, принадлежащих различным каналам ПТК-3. [2]

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

2 ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ УСТАВОК ПО КОНТРОЛИРУЕМЫМ ПАРАМЕТРАМ

Проектом устанавливается ограничение на допустимое линейное энерговыделение твэлов и твэгов. Данное ограничение в основном определяется аварией LOCA. Рост температуры оболочки в ходе аварии зависит от тепла, запасенного в топливных таблетках, которое в свою очередь является функцией линейного энерговыделения твэлов. Линейное энерговыделение должно быть ниже в верхней части активной зоны, поскольку ухудшение охлаждения топлива наступает здесь раньше, чем в нижней части активной зоны из-за более горячего теплоносителя и более низкого давления. Максимальное значение линейного энерговыделения твэлов при нормальной эксплуатации ограничено величиной 420 Вт/см. [3].

Для контроля непревышения установленных ограничений в ПТК ВУ и в ПТК-3 вводятся уставки на контролируемые параметры:

- $Kv_{ij}^{доп}$ для коэффициентов неравномерности объемного энерговыделения;
- $Ql_{ij}^{уст}$ для линейного энерговыделения твэлов/твэгов/периферийных твэлов.

$$\begin{aligned} Kv_{ij}^{доп} &= \min \left[Ql_{ijk}^{доп}(\rho_{шл}) / (q_{ср} \cdot Kk_{ijk} \cdot K_n \cdot K_{инж,м}^{эксп}) \right]_{(k=1,...,312)} \\ Ql_{ij}^{уст} &= \min \left[Ql_{ijk}^{доп}(\rho_{шл}) / (K_n \cdot K_{инж,м}^{эксп}) \right]_{(k=1,...,312)} \end{aligned} \quad (2)$$

где Ql_{ijk} – линейное энерговыделение k-го топливного элемента в i-ом слое j-ой ТВС, Вт/см;
 $q_{ср}$ – среднее линейное энерговыделение в тепловыделяющих элементах на номинальной мощности, Вт/см;

Kk_{ijk} – относительная мощность k-го топливного элемента в i-ом слое j-ой ТВС, (определяется из физического расчета текущей топливной загрузки);

K_n – коэффициент неопределенности измерения тепловой мощности реактора, равен 1,02;

$K_{инж,м}^{эксп}$ – эксплуатационный инженерный коэффициент для m-ой группы топливных элементов ($m = 1, 2, 3$).

Эксплуатационный инженерный коэффициент запаса статистически суммирует эффекты повышения локального теплового потока в горячем канале в результате отклонения технологических параметров изготовления топлива от номинальных значений в пределах их поля допусков, а также включает эффекты увеличения локального теплового потока из-за возможных зазоров между топливными таблетками и погрешности расчета линейного энерговыделения или коэффициентов неравномерности объемного энерговыделения в зависимости от контролируемого параметра.

Технологическая составляющая коэффициента учитывает влияние отклонений обогащения, размеров, плотности таблеток от их номинальных значений при изготовлении и возможных деформаций ТВС при эксплуатации в активной зоне.

Погрешность расчета линейного энерговыделения или коэффициентов неравномерности объемного энерговыделения учитывает погрешность восстановления объёмного энерговыделения в СВРК, не превышающую 5 % в доверительном интервале 0,95.

Выход из строя внутриреакторных детекторов может приводить к увеличению погрешности восстановления поля энерговыделения в СВРК. Возможная дополнительная погрешность, появляющаяся при выходе из строя внутриреакторных детекторов, должна

ТОI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	9
-----------------	---	---

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

быть учтена при расчете уставок для контролируемых по энерговыделению параметров для обеспечения безопасной эксплуатации РУ.

НИИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
------------------------------	--	-----

3 ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТЕПЕНЕЙ ДЕГРАДАЦИИ И ИХ НЕДОСТАТКИ

В настоящее время в СВРК реакторов ВВЭР-1000 существуют два подхода к определению степеней «деградации» при отказе внутриреакторных детекторов и связанных с ними необходимых действий оператора. Наиболее распространенным является следующий подход:

- первая степень «деградации» - по причине неисправности СВРД, неконтролируемый объем составляет не более 13 ТВС при условии отсутствия «локальных неконтролируемых участков». При этом необходимо восстановить работоспособность датчиков СВРК в период ППР без снижения мощности РУ;

- вторая степень «деградации» - неконтролируемый СВРД объем составляет не более 13 ТВС при условии наличия хотя бы одного «локального неконтролируемого участка». При этом, необходимо снизить мощность и стабилизировать состояние энергоблока на уровне 90 %;

- третья степень «деградации» - неконтролируемая СВРД часть активной зоны составляет от 14 до 82 ТВС. При этом, необходимо снизить мощность и стабилизировать состояние энергоблока на уровне 80 %;

- четвертая степень «деградации» - неконтролируемая СВРД часть активной зоны составляет 82 и более ТВС. При этом, требуется перевод энергоблока в «горячее» состояние.

«Локальным неконтролируемым участком» называется участок активной зоны, в котором у неконтролируемой по причине выхода из строя СВРД ТВС все соседние ТВС также являются неконтролируемыми.

ТВС считается неконтролируемой по причине выхода из строя СВРД, если среди шести контролирующих ее СВРД неисправны более четырех.

СВРД считается неисправной, если в ней вышло из строя более двух ДПЗ.

При этом для определения признака неконтролируемости ТВС использовалась привязка СВРД, соответствующая концепции алгоритмов защиты по локальным параметрам, реализуемой в ПТК-3.

Исключение составляют энергоблоки АЭС «Тяньвань», для которых был принят нижеописанный подход к определению степеней деградации, связанный с погрешностью восстановления поля энерговыделения в ПТК ВУ СВРК.

- первая степень «деградации» - когда погрешность восстановления поля энерговыделения не превышает по данным ВК ВУ принятую в проекте (5 %), но при этом по причине выхода из строя ДПЗ или других причин неконтролируемый объем составляет не более семи соседних ТВС, либо суммарно не более десяти. При этом, необходимо восстановить работоспособность датчиков СВРК в период ППР без снижения мощности РУ;

- вторая степень «деградации» - когда погрешность восстановления поля энерговыделения превышает по данным ВК ВУ принятую в проекте (5 %), но при этом по причине выхода из строя ДПЗ или других причин неконтролируемый объем составляет не более семи соседних ТВС, либо суммарно не более десяти. При этом, необходимо снизить мощность и стабилизировать состояние энергоблока на уровне 90 %;

- третья степень «деградации» - когда погрешность восстановления поля энерговыделения превышает по данным ВК ВУ 8 %, но при этом по причине выхода из строя ДПЗ или других причин неконтролируемый объем составляет не более семи соседних ТВС, либо суммарно не более десяти. При этом, необходимо снизить мощность и стабилизировать состояние энергоблока на уровне 80 %;

ТОI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	11
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

- четвертая степень «деградации» - когда неконтролируемая часть активной зоны составляет свыше семи соседних неконтролируемых ТВС, либо суммарно свыше десяти неконтролируемых ТВС. При этом, необходимо снизить мощность и стабилизировать состояние энергоблока на уровне 30 %.

«Неконтролируемый СВРК объем активной зоны» - объем активной зоны, принятый состоящим из 7х163 объемов (где 7 - количество ДПЗ в КНИТ по высоте АкЗ, 163 – количество ТВС), считается неконтролируемым для целей локальной защиты, в случае если контроль его осуществляется менее чем по двум соседним работоспособным ДПЗ различных каналов ПТК-3, расположенным на том же уровне по высоте активной зоны.

Неконтролируемая СВРК ТВС активной зоны - одна из 163-х ТВС активной зоны, в которой количество неконтролируемых объемов более трех рядом расположенных по высоте или суммарно более четырех в данной ТВС.

Одновременно со степенями «деградации», определяемыми в ПТК ВУ, в каждом комплекте ПТК-3 определяется контролируемость призмы с точки зрения контроля локальных параметров. Каждая призма из объема 7х163 считается контролируемой, если среди контролирующих ее ДПЗ исправны не менее двух. Действия персонала при наличии неконтролируемой призмы не предусмотрены.

При наличии какой-либо степени «деградации» в ПТК ВУ или неконтролируемой призмы с точки зрения контроля локальных параметров в ПТК-3, оперативному персоналу выдается соответствующая сигнализация.

Такой подход правомерен с точки зрения контроля локальных параметров в ПТК-3, в котором энерговыделение определяется по методу статистического суммирования показаний ближайших ДПЗ, принадлежащих различным каналам безопасности. С точки зрения восстановления поля энерговыделения в ПТК ВУ такой подход имеет недостатки. Для примера, на рисунке (рисунок 3.1) представлена привязка шести ближайших СВРД, используемых для определения контролируемости ТВС в существующем подходе к определению степеней деградации. Рассмотрим ТВС № 110, контролируемую СВРД в ТВС № 110; 121; 124; 95; 98; 83. Наиболее яркий пример неприменимости существующего подхода: при выходе из строя СВРД в ТВС № 121; 124; 95; 98; 83 (т.е. пяти из шести ближайших) остается СВРД в самой ТВС № 110, что с точки зрения восстановления поля энерговыделения в ПТК ВУ нельзя считать признаком неконтролируемости ТВС № 110. Или, например, выходят из строя СВРД в ТВС № 110; 121; 95; 83; 98, но при этом остается СВРД в ТВС № 124, который в сочетании с СВРД в ТВС № 134 контролируют ТВС № 110. Аналогично и с другими ТВС.

Недостатком существующих методов также является необходимость снижения мощности реактора при наступлении определенных степеней деградации независимо от того, что неконтролируемая область может иметь существенные запасы до эксплуатационных пределов.

В рамках данной работы предлагается разделить подходы к определению контролируемости ТВС в ПТК ВУ и контролируемости участка ТВС в ПТК-3. Для целей контроля локальных параметров в ПТК-3 оставить действующий подход к определению контролируемости участка ТВС, а для восстановления поля энерговыделения в ПТК ВУ разработать новый подход к определению контролируемости ТВС и степеням «деградации» СВРК по количеству и местоположению работоспособных СВРД.

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

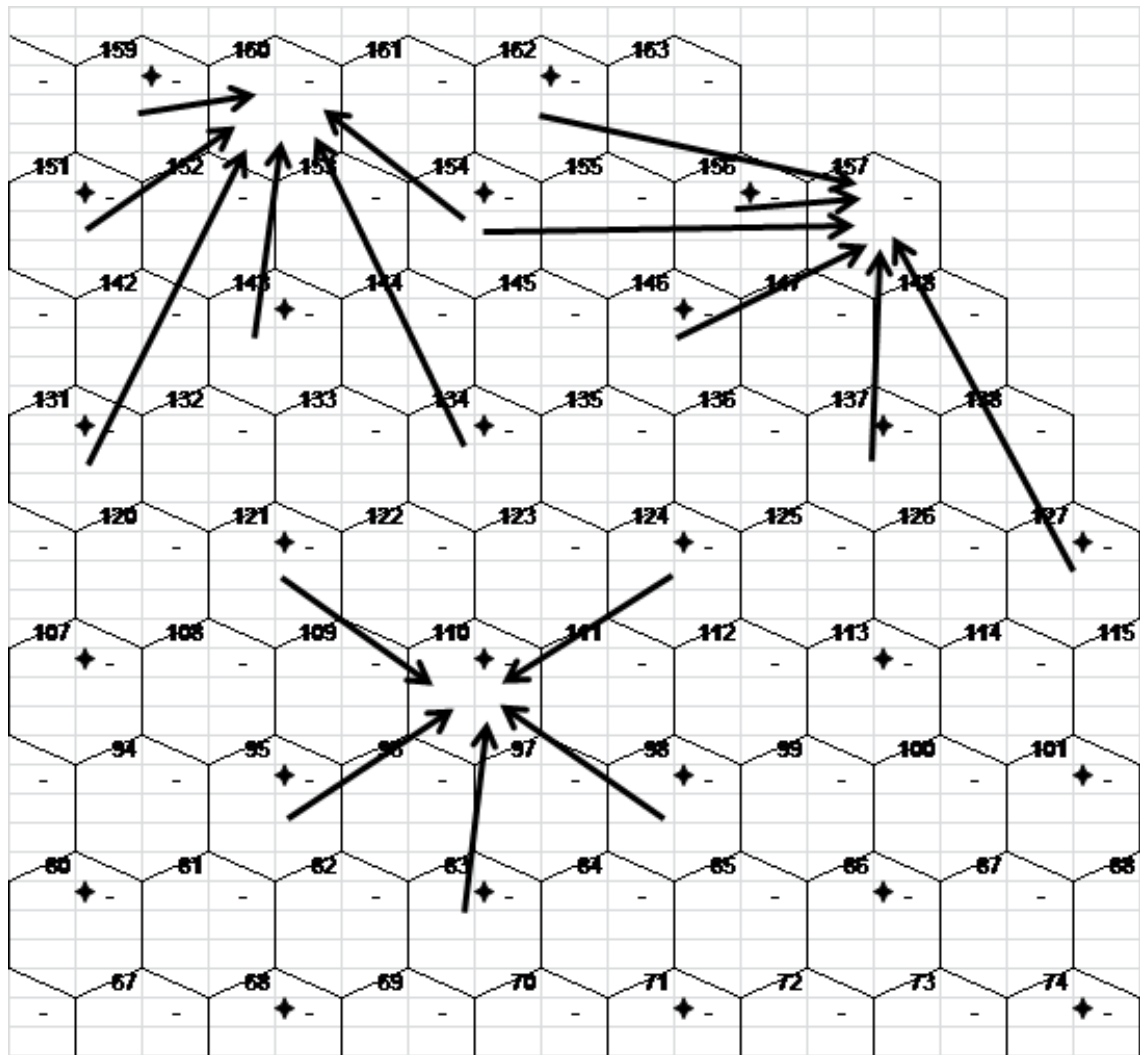


Рисунок 3.1 – Пример привязки шести ближайших СВРД для определения контролируемости ТВС

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

4 РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В ПО СВРК ПРИ РАБОТЕ РЕАКТОРА В СУТОЧНОМ ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ

4.1 НЕОБХОДИМОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

На предыдущем этапе работы исследовано изменение погрешности восстановления поля энерговыделения в ПО СВРК и в алгоритмах защиты по локальным параметрам при выходе из строя ДПЗ. Исследование основано на оценке отклонения поля энерговыделения, восстановленного с различным числом и месторасположением работоспособных ДПЗ, от поля энерговыделения, восстановленного с полным набором работоспособных ДПЗ.

Поскольку энергоблоки проекта ВВЭР-ТОИ могут эксплуатироваться в режиме суточного регулирования мощности, то на данном этапе работ исследование дополнено рассмотрением переходных процессов, вызванных снижением/подъемом мощности.

4.2 МЕТОД ТЕСТИРОВАНИЯ

Для топливных загрузок, предполагаемых к использованию в проекте ВВЭР-ТОИ, не существует экспериментальных данных о распределении энерговыделения в активной зоне, поэтому показания внутриреакторных детекторов были симитированы по рассчитанным проектной программой. С помощью программы БИПР-7А проведены расчеты, имитирующие работу реактора в суточном графике нагрузки в различные моменты кампаний. Расчеты проведены для первой (симитированы состояния на 100; 230 и 440 эффективные сутки) и пятой (симитированы состояния на 20; 246 и 480 эффективные сутки) кампании. В расчетах имитировался первый суточный цикл. Расчеты выполнены в 50 слоях по высоте активной зоны. По симитированным энерговыделениям в местах размещения внутриреакторных детекторов, с помощью ПО СВРК проводилось восстановление поля энерговыделения во всем объеме активной зоны при различном количестве и местоположении работоспособных СВРД. Для оценки погрешности восстановления поля энерговыделения в суточном графике нагрузки проводилось сопоставление результатов расчета распределения энерговыделения, восстановленного с помощью ПО СВРК для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ с распределением энерговыделения, восстановленным с полным набором работоспособных СВРД.

Отклонения по K_v в данной работе вычислялись как разница сопоставляемых значений относительно среднего их значения по активной зоне и выражены в %. Результаты представлены зависимостью среднеквадратичного отклонения и максимального отклонения K_v в расчетной призме от размера неконтролируемой области активной зоны.

4.3 ОПИСАНИЕ РАСЧЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕАКТОРА В СУТОЧНОМ ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ

Одной из основных задач оптимизации работы энергоблока АЭС в суточном графике нагрузки является снижение количества радиоактивного теплоносителя, выводимого из первого контура в процессе борного регулирования. Для решения этой задачи борное регулирование замещается другими управляющими воздействиями: перемещением ОР СУЗ, мягким температурным регулированием изменением температуры теплоносителя в реакторе за счет изменения давления пара в ПГ, а также использованием ксеноновых переходных

ТОI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	14
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

процессов, что обеспечивается за счет выбора оптимального графика изменения мощности реактора.

Снижение мощности реактора от исходного значения $W1$ до конечного $W2$ выполняют в основном за счет изменения мощности верхней половины активной зоны. Для этого аксиальный офсет энерговыделения должен быть уменьшен от исходного значения $AO1$ до значения $AO2$, которое вычисляется по следующей формуле:

$$AO2 = 100 + (AO1 - 100)W1/W2, \quad (3)$$

или, в случае $W1=100\%$ и $W2=75\%$, по формуле:

$$AO2 \approx 1,33 \cdot AO1 - 33 \quad (4)$$

Такое изменение офсета обеспечивают погружением двух или трех управляющих групп ОР СУЗ в верхнюю половину активной зоны. Значение офсета $AO2$ находится за пределами рекомендуемой области офсет-мощностной диаграммы.

Работа на нижнем уровне мощности ($W2=75\%$) продолжается в течение 5 ч, в это время происходит отравление реактора ксеноном и развивается нисходящая фаза аксиальных ксеноновых колебаний. Отравление компенсируют извлечением групп, одновременно поддерживают офсет близким к значению $AO2$, задавая соответствующую скорость движения групп, для этого отравление частично компенсируют снижением температуры теплоносителя в реакторе.

Увеличение мощности выполняют за счет извлечения групп до верхнего предельного положения, дальнейшее увеличение мощности выполняют за счет процесса выгорания ксенона. В ходе увеличения мощности офсет должен вернуться в рекомендуемую область офсет-мощностной диаграммы, для этого, при необходимости, снижают скорость увеличения мощности путем увеличения температуры теплоносителя.

Работа на верхнем уровне мощности ($W1=100\%$) продолжается до конца текущего суточного цикла.

На начальном этапе, после увеличения мощности, в реакторе продолжается процесс выгорания ксенона и развивается восходящая фаза аксиальных ксеноновых колебаний. Выгорание ксенона компенсируют погружением группы № 10, одновременно поддерживают офсет близким к значению $AO1$, задавая соответствующую скорость движения группы, для этого выгорание ксенона частично компенсируют увеличением температуры теплоносителя в реакторе.

На заключительном этапе суточного цикла происходит отравление реактора ксеноном и развивается нисходящая фаза аксиальных ксеноновых колебаний. Отравление компенсируют извлечением групп, одновременно поддерживают офсет близким к значению $AO1$, задавая соответствующую скорость движения групп, для этого отравление частично компенсируют снижением температуры теплоносителя в реакторе [4].

На рисунках 4.2.1 - 4.2.6 представлены построенные по расчетным данным графики изменения основных параметров состояния реактора в суточном графике нагрузки 100-75-100 % для первого суточного цикла. Расчеты проведены для первой (сымитированы состояния на 100; 230 и 440 эффективные сутки) и пятой (сымитированы состояния на 20; 246 и 480 эффективные сутки) кампании. На рисунках используются следующие обозначения:

- АО - аксиальный офсет, %;
- W - мощность активной зоны, %;
- Н10 - положение группы ОР СУЗ № 10, %;

ТОИ-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	15
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
-----------------------------	---	-----

- Н9 - положение группы ОР СУЗ № 9, %;
- Твх - температура теплоносителя на входе в активную зону, ° С.

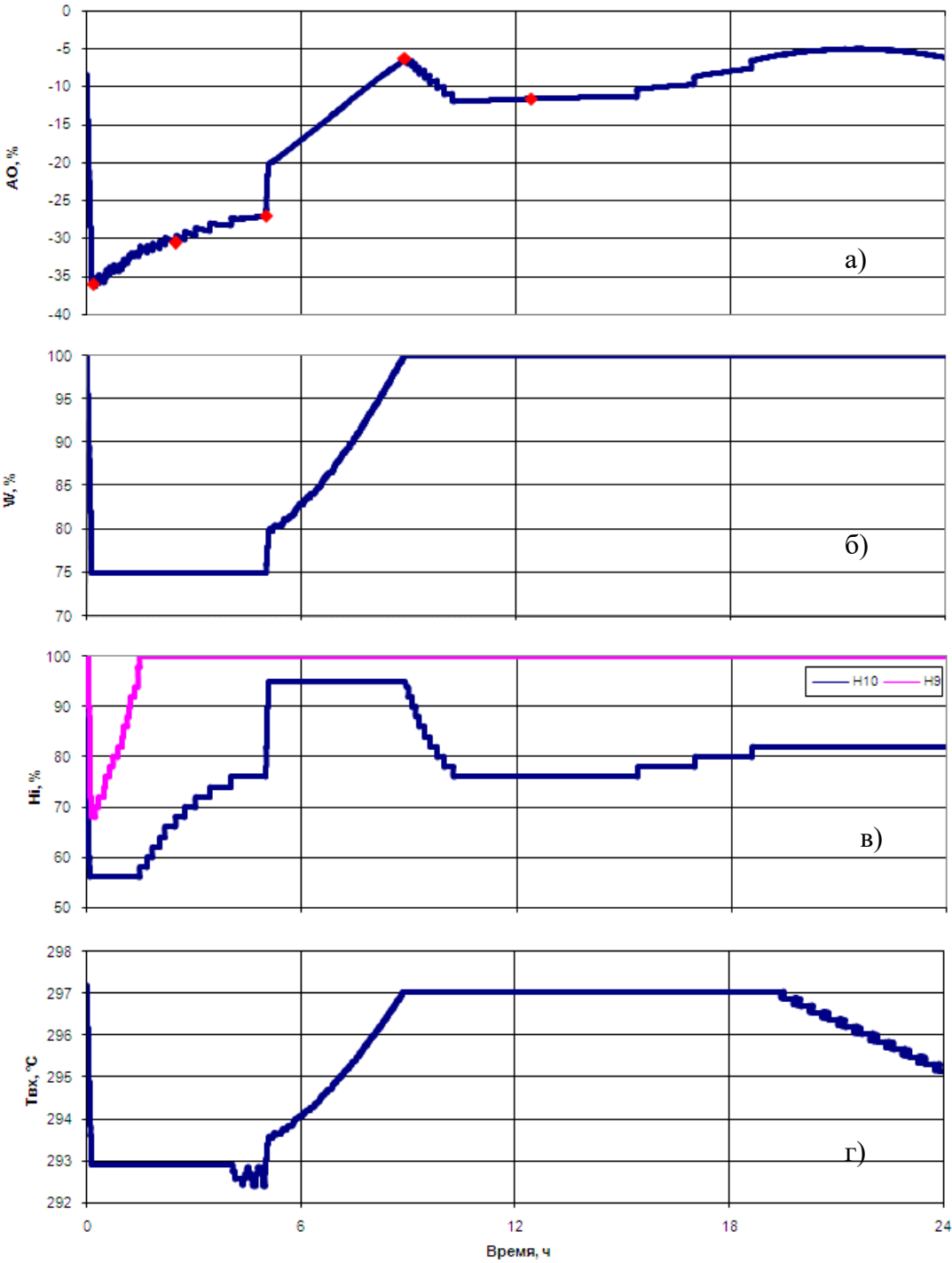


Рисунок 4.2.1– Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (первая кампания, 100 эфф. сут.)

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
-----------------------------	---	-----

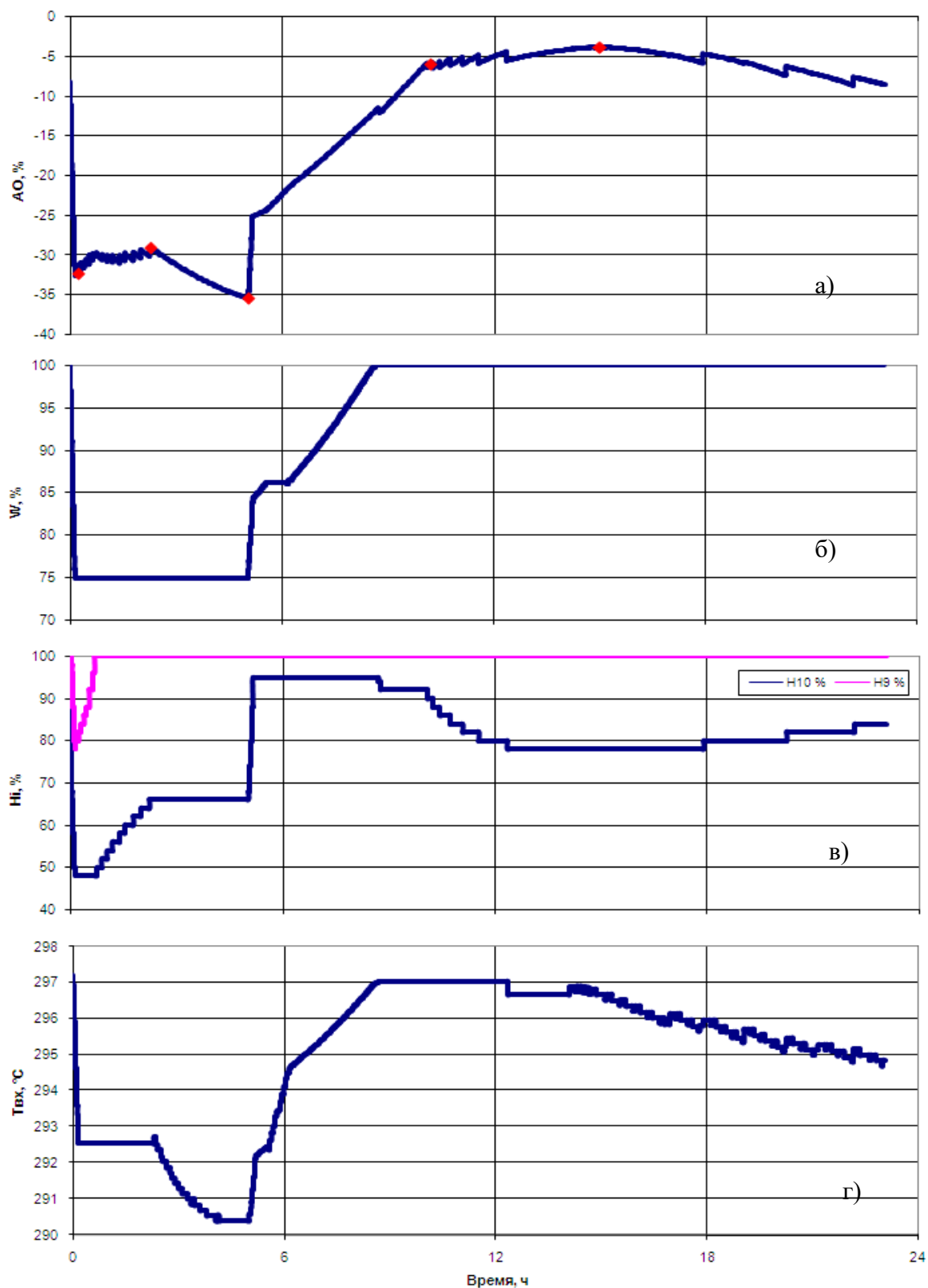


Рисунок 4.2.2 – Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (первая кампания, 230 эфф. сут.)

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

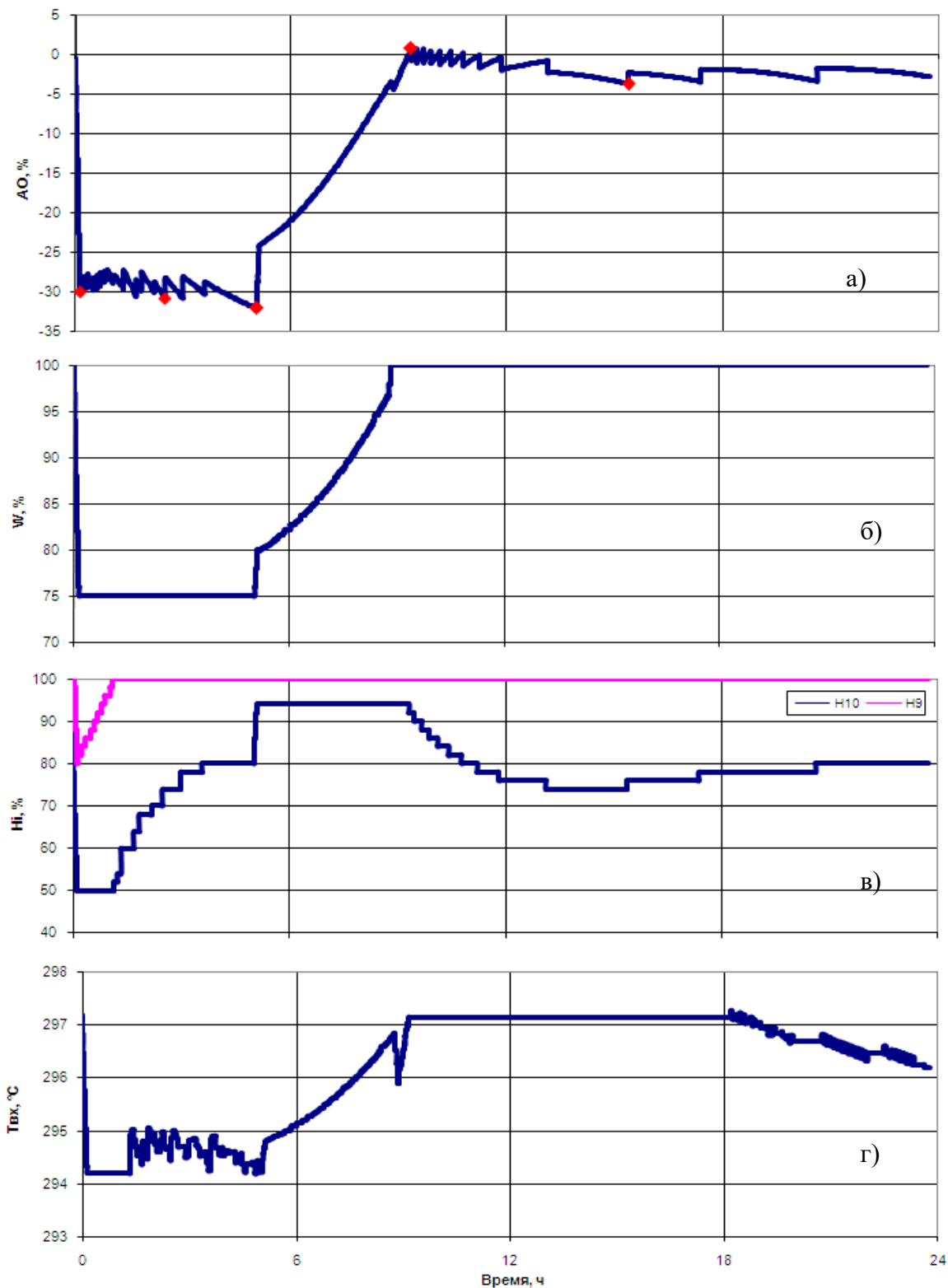


Рисунок 4.2.3 – Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (первая кампания, 440 эфф. сут.)

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

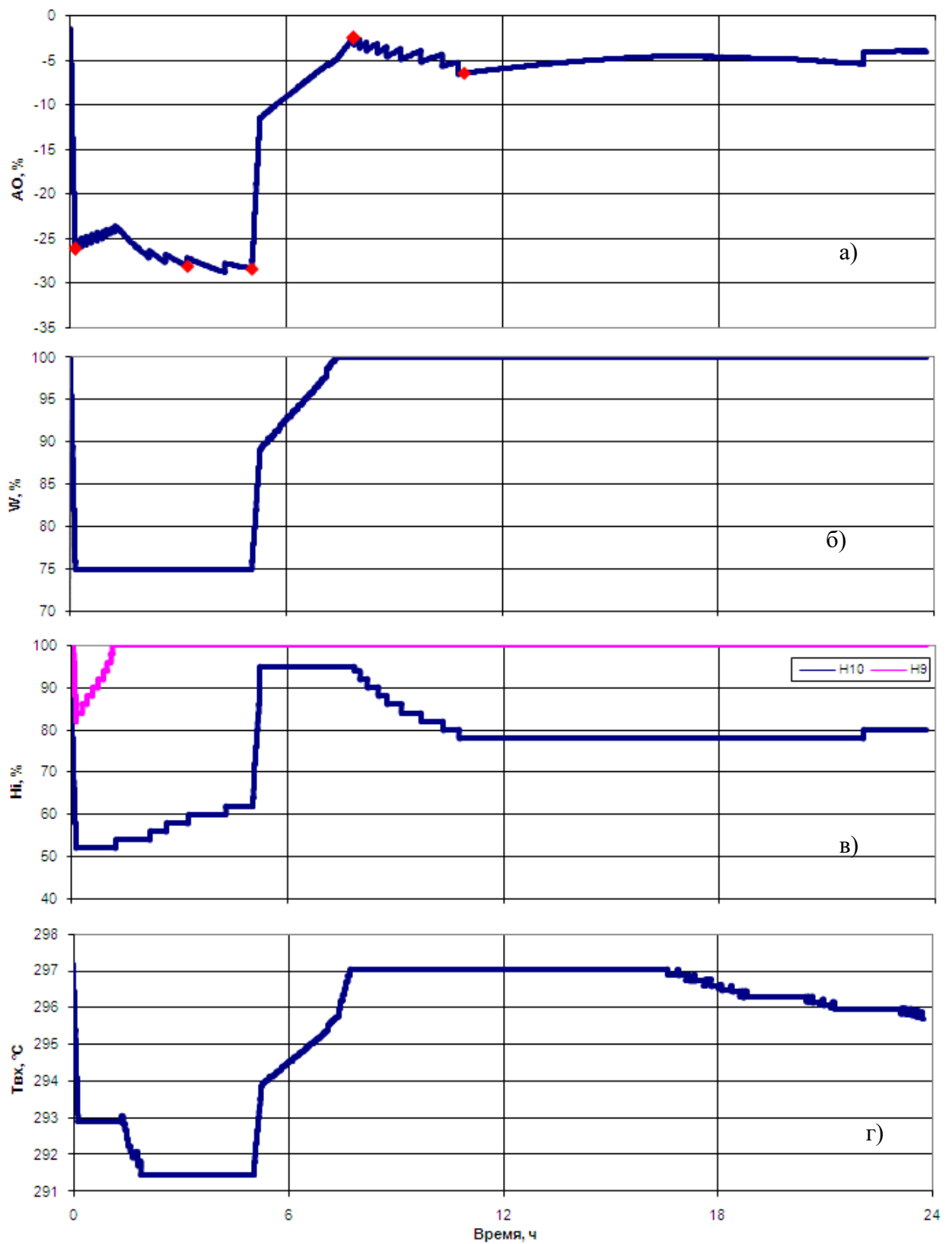


Рисунок 4.2.4 – Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (пятая кампания, 20 эфф. сут.)

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

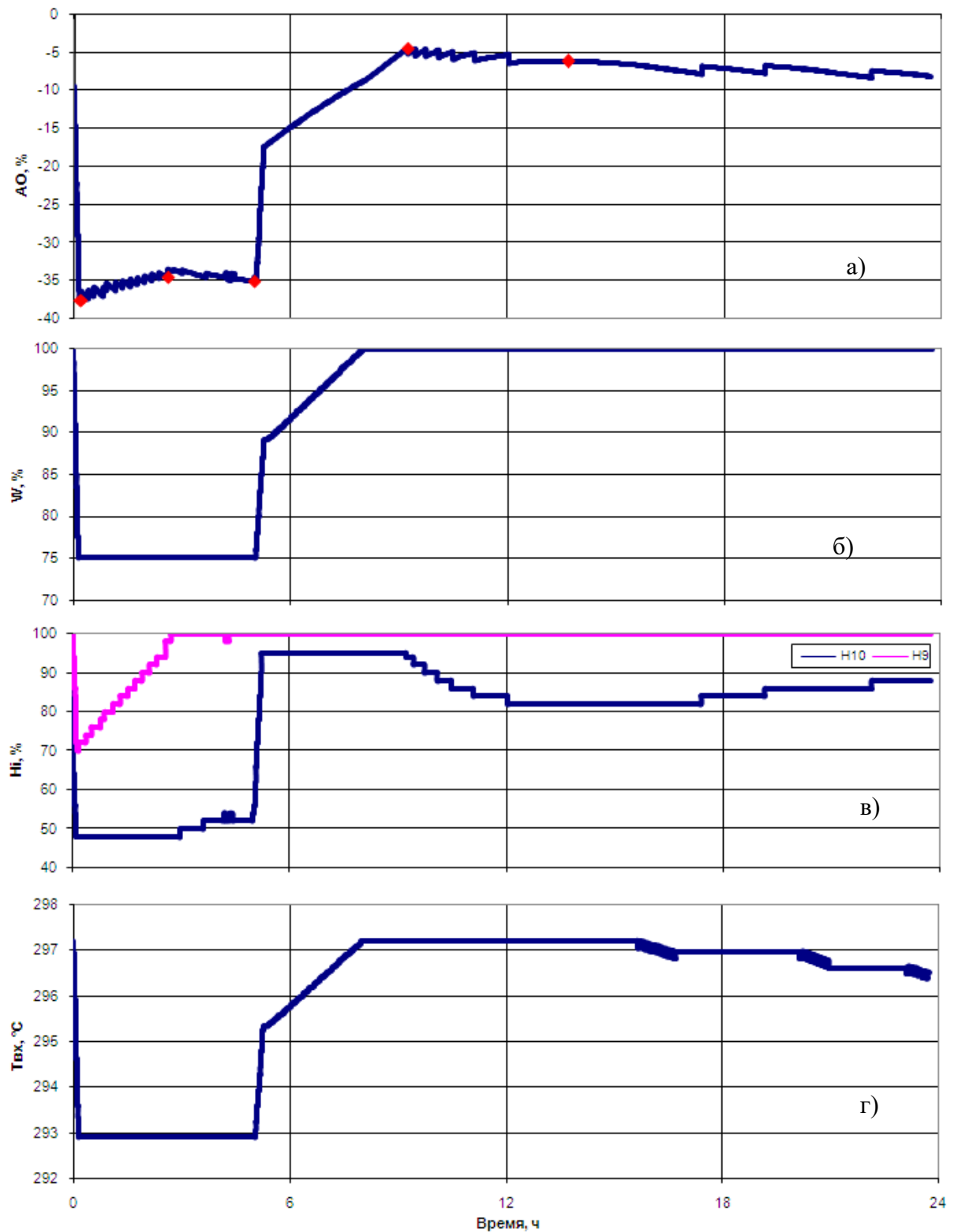


Рисунок 4.2.5 – Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (пятая кампания, 246 эфф. сут.)

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
-----------------------------	--	-----

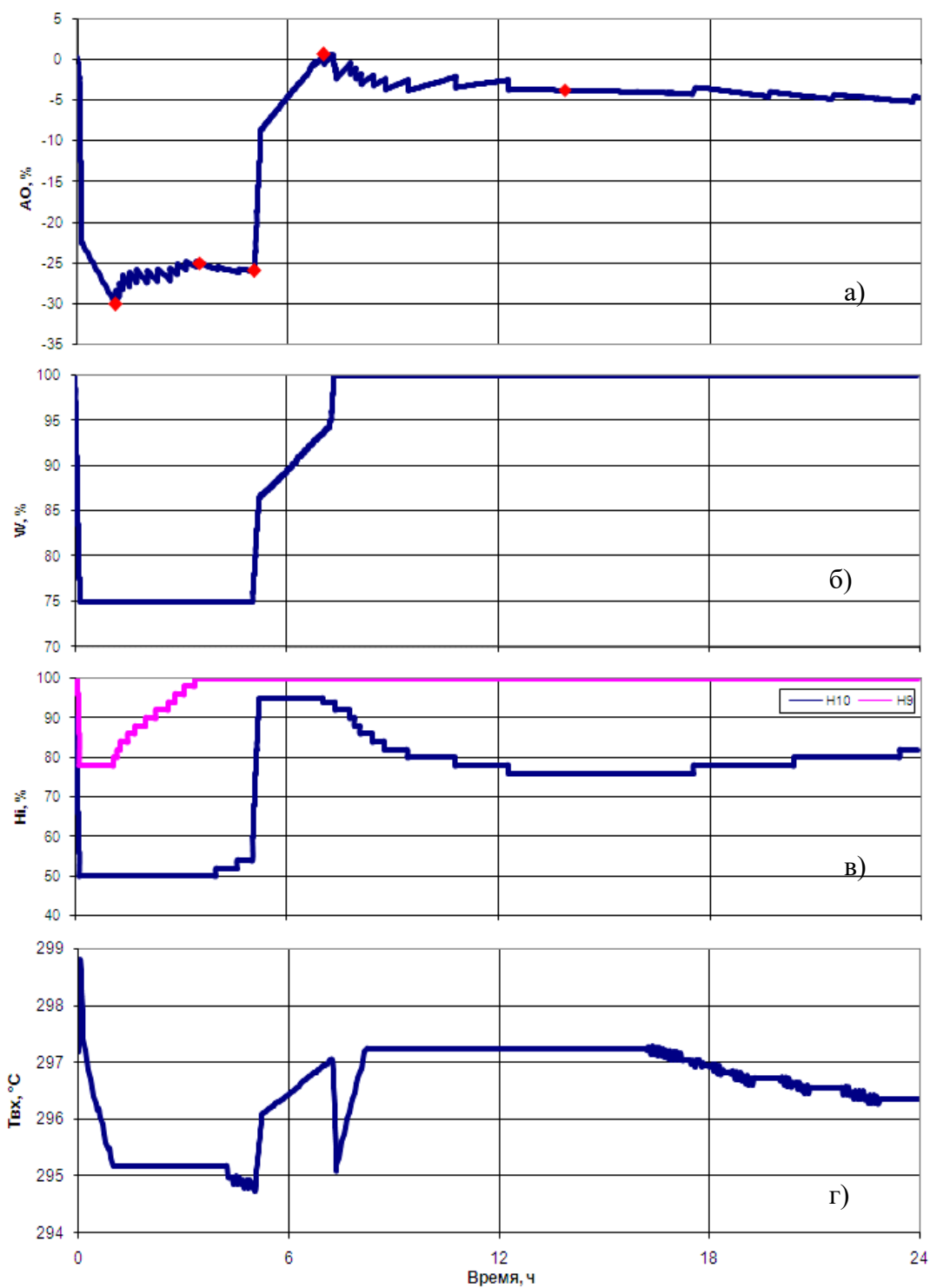


Рисунок 4.2.6 – Изменение основных параметров состояния реактора (а-г) в суточном графике нагрузки 100-75-100 % (пятая кампания, 480 эфф. сут.)

4.4 РАСЧЕТЫ С ВЫХОДОМ ИЗ СТРОЯ СВРД

Для оценки погрешности восстановления поля энерговыделения в суточном графике нагрузки проведено сопоставление результатов расчета распределения энерговыделения,

ТОИ-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	21
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

восстановленного с помощью ПО СВРК для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ с распределением энерговыделения, восстановленным с полным набором работоспособных СВРД.

Входными данными расчетной модели ППО СВРК являлись симитированные из расчетов по программе БИПР7-А энерговыделения в местах расположения ДПЗ и данные о теплофизических параметрах активной зоны, аналогичные входным для проектной программы БИПР-7А (расход, давление, температура теплоносителя, глубина выгорания топлива, положение ОР СУЗ и т.д.). Другие входные данные для расчета с помощью ПО СВРК (положение ДПЗ, граничные условия, нейтронно-физические константы и т.д.) подготовлены штатно для данных загрузок.

Для рассмотренных выше (рисунки 4.2.1 - 4.2.6) сценариев работы реактора в суточном графике нагрузки определялось местоположение максимального отклонения поля энерговыделения, восстановленного с полным набором работоспособных СВРД, от расчетного. Затем последовательно отключались СВРД, ближайшие к месту максимального отклонения, после чего проводилось восстановление поля энерговыделения с помощью ПО СВРК с отключенными СВРД. В результате последовательного отключения СВРД образовывалась локальная неконтролируемая область, центр которой совпадал с точкой максимального отклонения расчетного поля энерговыделения и поля энерговыделения, восстановленного с полным набором работоспособных СВРД.

Для каждого рассмотренного сценария работы реактора в суточном графике нагрузки рассматривались пять моментов процесса (отмечены красными точками на графике изменения офсета на рисунках (рисунки 4.2.1 - 4.2.6):

- работа РУ на пониженном уровне мощности 75 % с погруженными группами ОР СУЗ № 9 и № 10;
- работа РУ на пониженном уровне мощности 75 % после извлечения группы ОР СУЗ № 9 до верхнего положения;
- работа РУ на пониженном уровне мощности 75 % перед извлечением группы ОР СУЗ № 10 и подъемом мощности;
- момент подъема уровня мощности РУ до 100 %;
- момент работы РУ на 100 % уровне мощности при погруженной группе ОР СУЗ № 10 для компенсации выгорания ксенона.

Результаты расчетов удобно представить в виде обобщенных по всем расчетам зависимостей среднеквадратичного отклонения и максимального отклонения поля K_v , восстановленного с полным набором работоспособных СВРД, и поля K_v , восстановленного с различным числом и местоположением работоспособных СВРД. Зависимость среднеквадратичного отклонения восстановленного поля K_v от размера неконтролируемой области активной зоны приведены на рисунке (рисунок 4.3.1). Зависимость максимального отклонения восстановленного поля K_v от размера неконтролируемой области активной зоны приведены на рисунке (рисунок 4.3.2). Из представленных данных видно, что эксплуатация энергоблоков РУ с ВВЭР-ТОИ в режиме суточного маневрирования мощности не накладывает дополнительных ограничений на мощность РУ при возникновении степеней «деградации» СВРК.

НИИ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

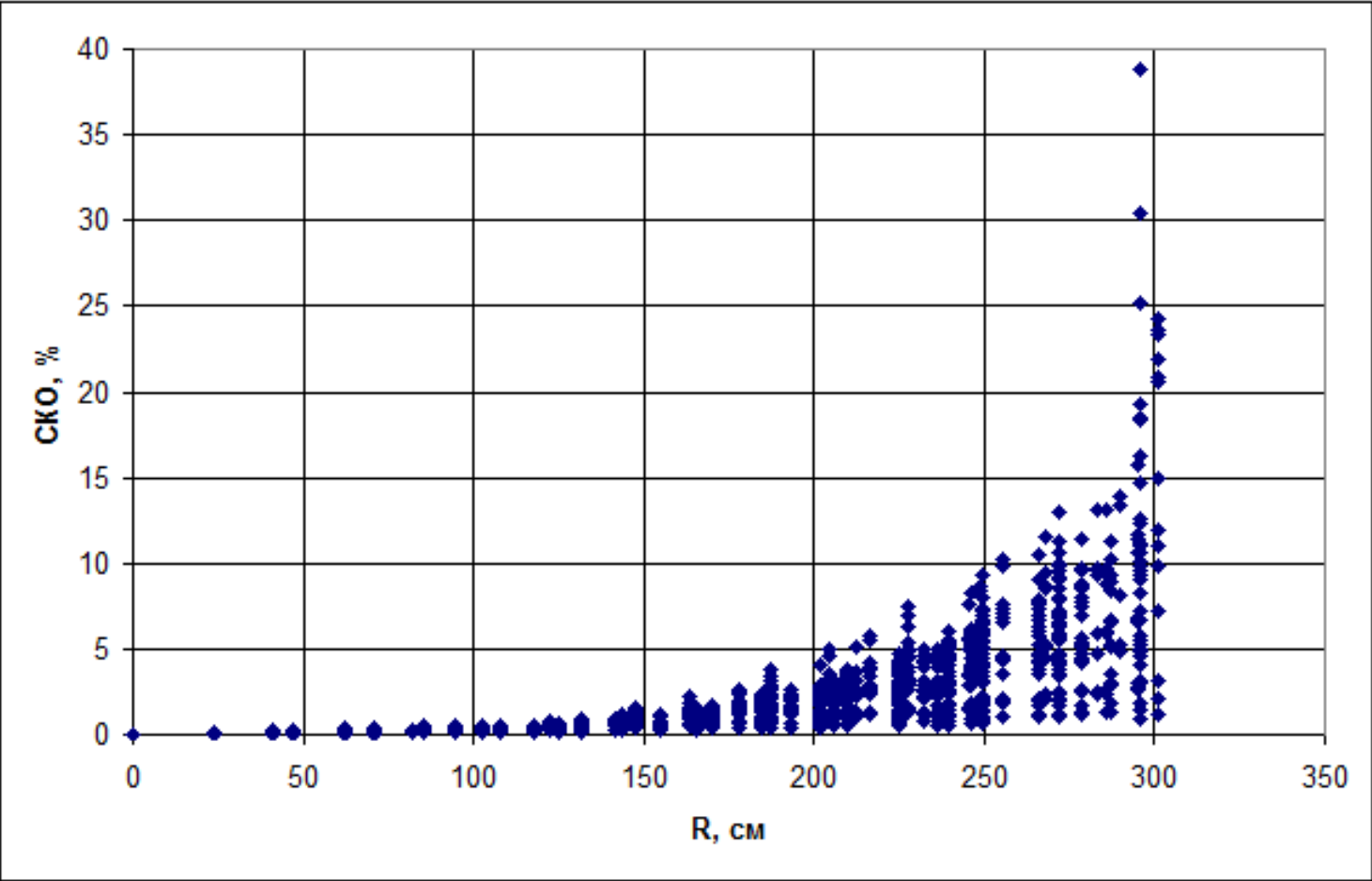


Рисунок 4.3.1 - Зависимость среднеквадратичного отклонения восстановленного поля K_v от размера неконтролируемой области активной зоны

НИИ "Курчатовский институт"	<p>ВВЭР-ТОИ</p> <p>Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

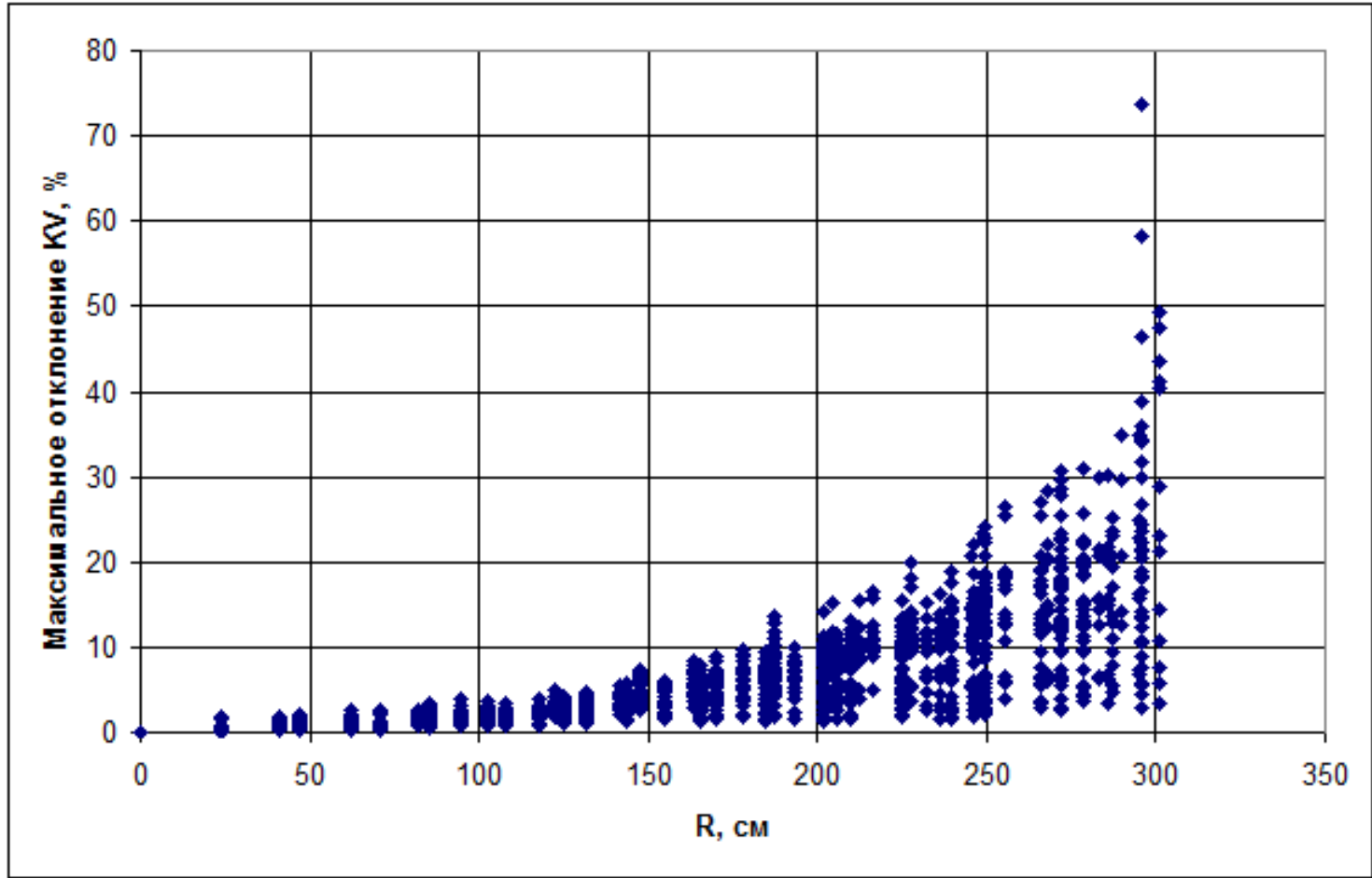


Рисунок 4.3.2 - Зависимость максимального отклонения восстановленного поля Kv от размера неконтролируемой области активной зоны

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

5 ОБОБЩАЮЩИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И НОВЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТЕПЕНЕЙ «ДЕГРАДАЦИИ»

Погрешность определения поля энерговыделения с помощью СВРК зависит от количества контролируемых областей объема активной зоны или числа ДПЗ, равномерно распределенных в реакторе. Существует сложная зависимость точности определения реального поля энерговыделения по показаниям ДПЗ от их количества и отличия реального поля энерговыделения от модельного. Ранее проведено исследование изменения погрешности восстановления поля энерговыделения в ПО СВРК при выходе из строя ДПЗ [5]. Исследование основано на оценке отклонения поля энерговыделения, восстановленного с различным числом и месторасположением работоспособных ДПЗ, от поля энерговыделения, восстановленного с полным набором работоспособных ДПЗ.

Распределение поля энерговыделения в реакторе отличается от распределения, которое вычисляется с помощью расчётных программ. Внутрореакторные датчики позволяют более точно определить распределение поля энерговыделения в активной зоне реактора, а так же учитывать особенности активной зоны, не моделируемые расчётными кодами. В ПО СВРК алгоритм восстановления находит поле энерговыделения, которое наилучшим образом согласуется с измеренными энерговыделениями в местах размещения ДПЗ и при этом подчиняется закономерности распределения поля энерговыделения по всему объёму активной зоны, задаваемой нейтроннофизической моделью. При уменьшении числа работоспособных ДПЗ, в активной зоне появляется дополнительная неопределенность поля энерговыделения, восстановленного с помощью ПО СВРК, за счет различия реального и модельного поля энерговыделения.

Для имитации возможных отклонений реального поля энерговыделения от расчетного были введены наиболее значимые отклонения, аналогичные наблюдаемым в процессе эксплуатации энергоблоков с реактором ВВЭР-1000.

Вводились следующие виды отклонений:

- асимметрия поля энерговыделения – различие энерговыделения в разных секторах симметрии активной зоны реактора;
- локальные отклонения - локальные различия расчётного и восстановленного поля энерговыделения ТВС (с влиянием на окружающие ТВС);
- различия макрохода распределения энерговыделения - различие в соотношении энерговыделения центральной и периферийной области активной зоны реактора;
- комбинированные отклонения - наложение вышеперечисленных отклонений

Самыми распространенными отклонениями реального поля энерговыделения от расчетного являются асимметрия и различия макрохода поля энерговыделения. Несмотря на то, что локальные отклонения встречаются редко (два случая из более чем 50 проанализированных топливных кампаний различных энергоблоков с СВРК-М), влияние этих отклонений также подробно изучалось.

Для проведения исследования с целью более консервативной оценки, амплитуды отклонений вводились больше, чем выявленные при эксплуатации различных энергоблоков.

Поскольку энергоблоки проекта ВВЭР ТОИ могут эксплуатироваться в режиме суточного регулирования мощности, то на данном этапе работ исследование дополнено рассмотрением переходных процессов, вызванных снижением/подъемом мощности. Данные представлены в разделе 4.

Рассматривались различные варианты выхода из строя ДПЗ:

ТОИ-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	25
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

критериев:

- отсутствие деградации (нулевая степень деградации) - не превышение максимальной погрешности восстановления поля энерговыделения более 5 % и не превышение СКО разницы восстановленного поля энерговыделения и поля имитации реального поля энерговыделения более 2,5 % согласно ГОСТ 26635-85;
- так как наибольшая дополнительная погрешность возникает при выходе из строя ДПЗ в самой ТВС и в ТВС ближайших рядов окружения, то условия деградации строить на основе отключения ДПЗ наиболее близких к контролируемой ТВС;
- переход на следующий уровень деградации должен определяться увеличением максимальной погрешности примерно в два раза от погрешности предыдущего уровня деградации;
- при переходе на следующий уровень деградации удаленность отключаемого ДПЗ не должна превышать одного ряда ТВС от предыдущих условий деградации;
- степень деградации должна быть определена для каждой ТВС и для системы СВРК в целом;
- должна быть учтена необходимость наличия не менее 30 % работоспособных ДПЗ для обеспечения устойчивости решения алгоритма восстановления поля энерговыделения применяемого в СВРК;
- алгоритм определения степени деградации должен позволять оперативно определять текущую степень деградации и соответствующий уровень снижения мощности в процессе эксплуатации РУ;

– должно быть оптимальное количество степеней деградации;

С учетом критериев, указанных выше были выбраны степени деградации и условия их возникновения, определяемые для каждой ТВС в активной зоне.

Нулевая степень «деградации» - отсутствие степеней «деградации» с первой по четвертую.

Первая степень «деградации» - наличие неконтролируемой ТВС с условиями:

- в ТВС или в ТВС первого ряда окружения нет ни одного работоспособного СВРД и во втором ряду окружения данной ТВС менее двух ТВС с работоспособными СВРД. При первой степени деградации необходимо произвести компенсирующие мероприятия (снизить мощность реактора или перераспределить поле энерговыделения) для обеспечения запаса в данной ТВС до эксплуатационных ограничений по линейному энерговыделению и коэффициенту неравномерности поля энерговыделения не менее $k_{1\text{дегр}}$ (уменьшить эксплуатационные ограничения данной ТВС на $k_{1\text{дегр}}$ %).

Вторая степень «деградации» - наличие неконтролируемой ТВС с условиями:

- наличие условий первой степени деградации и наличие менее трех ТВС с работоспособными СВРД во втором и третьем рядах окружения данной ТВС. При второй степени деградации необходимо произвести компенсирующие мероприятия (снизить мощность реактора или перераспределить поле энерговыделения) для обеспечения запаса в данной ТВС до эксплуатационных ограничений по линейному энерговыделению и коэффициенту неравномерности поля энерговыделения не менее $k_{2\text{дегр}}$ (уменьшить эксплуатационные ограничения данной ТВС на $k_{2\text{дегр}}$ %), а также установить весовой коэффициент мощности реактора, определенной по показаниям ДПЗ, равным 0 при вычислении средневзвешенной мощности реактора

Третья степень «деградации» - наличие неконтролируемой ТВС с условиями:

- количество работоспособных СВРД более 30 и менее 50 % и наличие условий второй степени деградации. При третьей степени деградации необходимо произвести компенсирующие мероприятия (снизить мощность реактора или перераспределить поле

ТОI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	27
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

энерговыведения) для обеспечения запаса до эксплуатационных ограничений в данной ТВС по линейному энерговыведению и коэффициенту неравномерности поля энерговыведения не менее $k_{3\text{дегр}}$ (уменьшить эксплуатационные ограничения данной ТВС на $k_{3\text{дегр}}$ %), а также установить весовой коэффициент мощности реактора определенной по показаниям ДПЗ равным 0 при вычислении средневзвешенной мощности реактора

Четвертая степень «деградации» - менее или равно 30 % работоспособных СВРД. При четвертой степени деградации необходим перевод энергоблока в «горячее» состояние.

Приоритетной является степень «деградации» с большим номером.

Выход на номинальную мощность после процедуры перегрузок или останова с разуплотнением реактора допускается только при наличии системы СВРК, обеспечивающей эффективный контроль и защиту по локальным параметрам всех участков активной зоны с проектной погрешностью, при наличии от 100 до 90 % работоспособных ДПЗ, и при условии отсутствия степени «деградации» больше нулевой.

В процессе эксплуатации, при выходе из строя СВРД, должна определяться контролируемость каждой ТВС, и, при выявлении ненулевой степени «деградации», должны вводиться поправки в эксплуатационные ограничения данной ТВС в соответствии со степенью «деградации» данной ТВС.

Исходя из выбранных условий степеней деградации произведен анализ всех результатов, полученных на предыдущем этапе работы [5]. В результате анализа определены:

- степень деградации каждой ТВС ($N_{\text{дегр}}$);
- максимальное среднеквадратичное отклонение реального поля от восстановленного поля энерговыведения для каждой степени деградации, $\text{Max}(\text{СКО})$ %;
- дополнительная погрешность для каждой степени деградации, $K_{0\text{дегр}}$, %;
- дополнительная погрешность определения мощности реактора по показаниям ДПЗ, $kN_{\text{ДПЗ}}$, %;
- дополнительная погрешность определения мощности реактора по показаниям ДПЗ, рассчитанная с учетом статистического веса, $kN_{\text{ДПЗСв}}$, %;
- результирующая дополнительная погрешность для каждой степени деградации, $K_{\text{дегр}}$, %. (Рекомендуемый уровень снижения эксплуатационных ограничений).

Вышеперечисленные величины представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Результирующие погрешности в зависимости от степеней «деградации»

$N_{\text{дегр}}$	$\text{Max}(\text{СКО})$	$K_{0\text{дегр}}$	$kN_{\text{ДПЗ}}$	$kN_{\text{ДПЗСв}}$	$K_{\text{дегр}}$
0	0,8	0,7	0,0	0,0	0
1	1,2	4,2	1,7	0,6	5
2	3,9	11,1	7,6	0,0	11
3	7,3	19,2	14,3	0,0	19
4	38,9	73,8	100	-	-

Значения погрешностей при четвертой степени «деградации» приведены для справки, Ограничения при четвертой степени «деградации» обусловлены не устойчивостью решения задачи восстановления при малом количестве СВРД.

Дополнительная погрешность ($K_{0\text{дегр}}$) определялась как разница максимальной погрешности для каждой степени деградации и допустимой погрешностью СВРК в 95 % доверительном интервале (5 %), учтенной в анализах безопасности при формировании эксплуатационных пределов.

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	A01
-----------------------------	--	-----

Дополнительная погрешность определения мощности реактора по показаниям ДПЗ ($kN_{\text{ДПЗ}}$) определялась как разница максимальной погрешности определения мощности реактора по показаниям ДПЗ и допустимым отклонением мощности реактора по показаниям ДПЗ от средневзвешенной (2 %).

Дополнительная погрешность определения мощности реактора по показаниям ДПЗ, рассчитанная с учетом статистического веса, определялась как:

$$kN_{\text{ДПЗ}} \text{Св} = kN_{\text{ДПЗ}} \cdot \text{Стат_вес},$$

где Стат_вес - максимально возможный статистический вес мощности по показаниям ДПЗ при учете ее в средневзвешенной мощности реактора взятый для соответствующей степени «деградации»:

- для нулевой и первой степени 0,33;
- для второй и третьей степени 0,0;

Анализ амплитуд локальных отклонений (раздел 3.2.4 тех. справка [5] показал, что локальные отклонения заданы чрезмерно избыточными для определения дополнительной погрешности (практически в полтора раза выше, чем обнаруженные по опыту эксплуатации), но достаточными для выявления закономерностей. Локальные отклонения (чрезмерно консервативные по амплитуде) определяют дополнительную погрешность на «нулевой» степени деградации и практически не влияют на дополнительную погрешность при первой степени деградации (влияют другие виды отклонений). Данный факт позволяет откорректировать значения $K0_{\text{дегр}}$ для нулевого уровня деградации в сторону уменьшения (на 0,7 % с доведением $K0_{\text{дегр}}$ до 0).

На рисунке 5.2 показана дополнительная погрешность к погрешности СВРК ($K0_{\text{дегр}}$) и среднеквадратичная ($\text{Max}(\text{СКО})$) погрешность для каждой степени деградации).

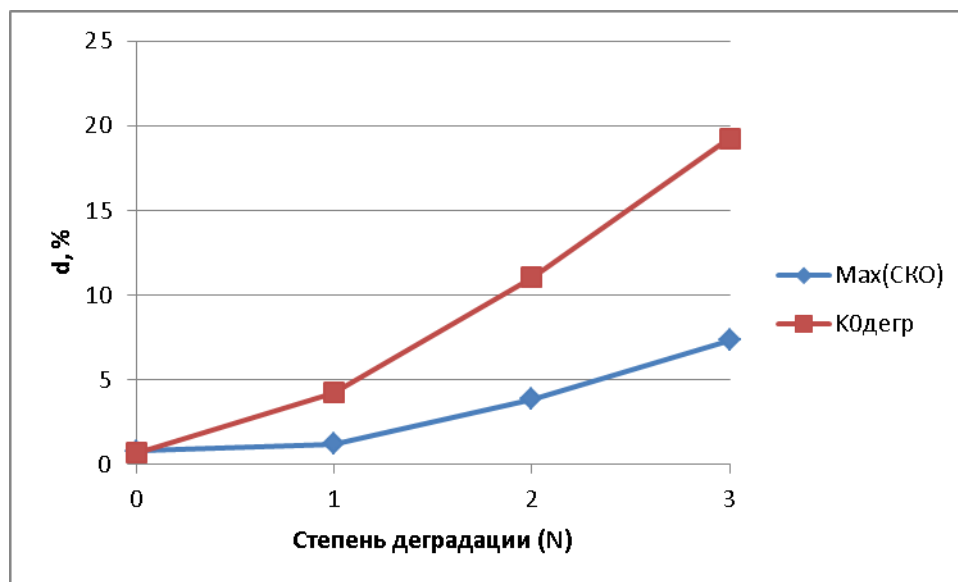


Рисунок 5.2 - Дополнительная погрешность к погрешности СВРК ($K0_{\text{дегр}}$) и среднеквадратичная ($\text{Max}(\text{СКО})$) погрешность для каждой степени деградации

НИИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
------------------------------	---	-----

Результирующая дополнительная погрешность для каждой степени деградации определялась как:

$$K_{\text{дегр}} = \text{int}(K0_{\text{дегр}} + kN_{\text{дпз}}C_{\text{в}}),$$

где int – функция округления до целого.

Учет $kN_{\text{дпз}}C_{\text{в}}$ необходим, поскольку при вычислении величин с абсолютными значениями (например линейное энерговыделение твэла) используется средневзвешенная мощность реактора, в которую с весовым коэффициентом входит мощность реактора, определенная по показаниям ДПЗ.

В итоге предлагается, при выявлении степени деградации уменьшать эксплуатационные пределы для ТВС, где определена степень деградации:

- для первой степени деградации на 5 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для второй степени деградации на 11 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для третьей степени деградации на 19 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для четвертой степени деградации РУ должна быть переведена в «горячее» состояние.

НИИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
------------------------------	---	-----

6 ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ МОЩНОСТИ РУ ВВЭР-ТОИ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО ЧИСЛА И МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНЫХ ДПЗ

6.1 АНАЛИЗ ТОПЛИВНЫХ ЗАГРУЗОК ПРОЕКТА ВВЭР-ТОИ

В соответствии с предложениями, представленными в разделе 5, при возникновении в процессе эксплуатации РУ какой-либо степени «деградации» СВРК, эксплуатационные ограничения для неконтролируемой ТВС должны быть снижены в соответствии с ее степенью «деградации». На примере топливных загрузок проекта ВВЭР ТОИ проанализирована необходимость снижения мощности при выходе из строя внутриреакторных детекторов до возникновения какой-либо степени «деградации» СВРК. Были рассмотрены с первой по пятую топливные загрузки проекта ВВЭР ТОИ и определены запасы до уставки для каждого типа топливных элементов (ТВЭЛ, ТВЭГ, периферийный ТВЭЛ). Запасы определялись в проектных координатах центров ДПЗ. Расчеты нейтронно-физических характеристик активной зоны выполнялись по программам БИПР-7А и ПЕРМАК-А в 50 слоях по высоте активной зоны с шагом 20 эффективных суток. В моменты кампании с минимальными запасами до уставки расчеты проводились с различным положением ОР СУЗ. Переход из 50 слоев в семь производился при помощи интерполяции кубическим сплайном. На рисунке 6.1.1 приведены минимальные значения запасов до уставки по всем топливным элементам для каждой ТВС за все рассмотренные кампании и минимальное число неработоспособных СВРД для наступления первой степени деградации в этих ТВС. Цветом обозначены ТВС, значения запасов до уставки в которых менее 5 %, и в которых возникает необходимость обеспечения дополнительного запаса (снижения уровня мощности РУ) при наступлении первой степени деградации, а также ТВС, значения запасов до уставки в которых составляет от 5 до 6 % (близкие к 5 % границе).

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

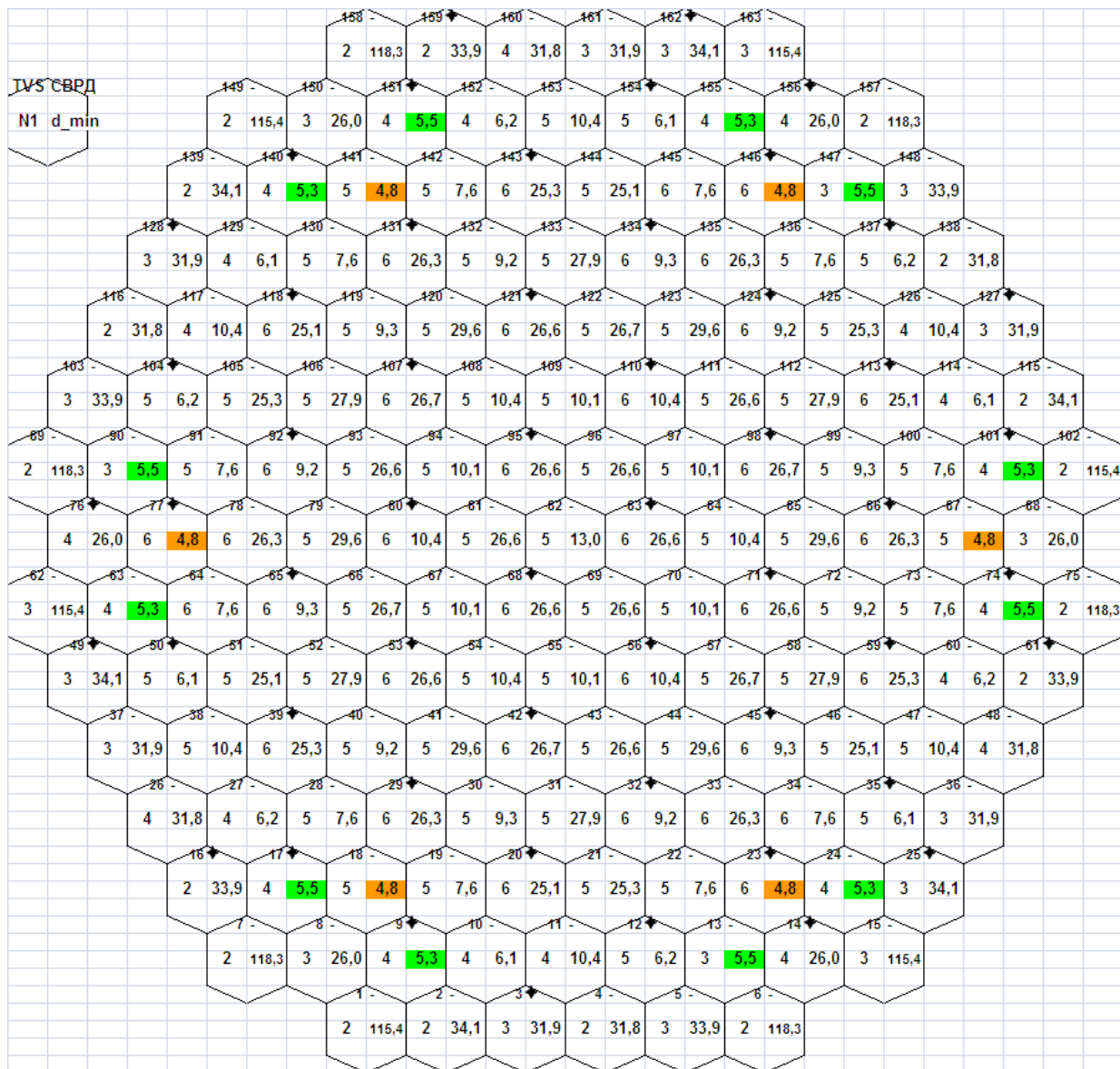


Рисунок 6.1.1 - Значения минимальных по всем топливным элементам запасов до уставки (N1 – минимальное число неработоспособных СВРД для наступления первой степени деградации, d_min – минимальный запас до уставки, %)

В таблице 6.1.1 приведены минимальные значения запасов до уставки с первой по пятую кампании и минимальное число неработоспособных СВРД для наступления первой степени деградации.

НИИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
------------------------------	--	-----

Таблица 6.1.1 - Минимальные значения запасов до уставки при первой степени деградации

Число неработоспо- собных СВРД	Минималь- ный запас до уставки твэла, %	Минималь- ный запас до уставки твэга, %	Минималь- ный запас до уставки периферийно го твэла, %	Минималь- ный запас до уставки по всем элементам, %	Необходи- мый уровень снижения мощности призмы, %
2	43,82	47,42	31,83	31,83	0
3	14,70	24,30	5,48	5,48	0
4	14,38	24,01	5,31	5,31	0
5	8,31	8,06	4,84	4,84	0,16
6	8,31	8,06	4,84	4,84	0,16

Из представленных данных видно, что необходимость обеспечения дополнительного запаса при наступлении первой степени деградации возникает при наличии пяти неработоспособных СВРД вокруг неконтролируемой ТВС, что маловероятно. Возникновение первой степени деградации в периферийных ТВС при выходе из строя всего лишь двух СВРД сопровождается наличием большого запаса до уставки, что не требует дополнительного снижения мощности РУ.

На рисунке 6.1.2 приведены минимальные значения запасов до уставки по всем топливным элементам для каждой ТВС за все рассмотренные кампании и минимальное число неработоспособных СВРД для наступления второй степени деградации. Цветом обозначены ТВС, значения запасов до уставки в которых менее 11 %, и в которых возникает необходимость обеспечения дополнительного запаса (снижения уровня мощности РУ) при наступлении второй степени деградации.

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	---	-----

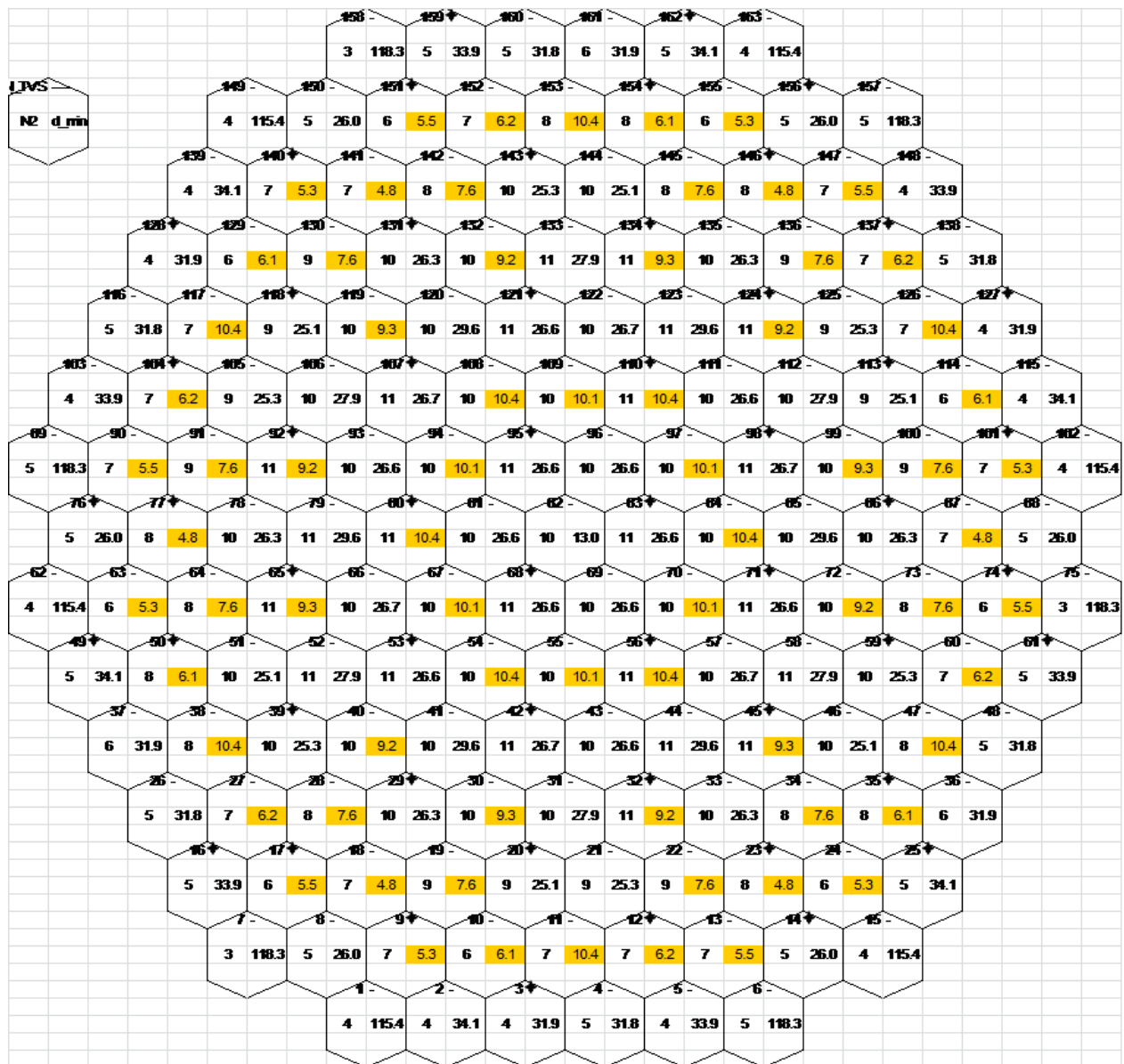


Рисунок 6.1.2 - Значения минимальных по всем топливным элементам запасов до уставки (N1 – минимальное число неработоспособных СВРД для наступления второй степени деградации, d_min – минимальный запас до уставки, %)

В таблице 6.1.2 приведены минимальные значения запасов до уставки с первой по пятую кампании и минимальное число неработоспособных СВРД для наступления второй степени деградации.

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	А01
-----------------------------	--	-----

Таблица 6.1.2 - Минимальные значения запасов до уставки при второй степени деградации

Число неработоспособных СВРД	Минимальный запас до уставки твэла, %	Минимальный запас до уставки твэга, %	Минимальный запас до уставки периферийного твэла, %	Минимальный запас до уставки, %	Необходимый уровень снижения мощности призмы, %
3	138,09	154,12	118,25	118,25	0
4	43,85	46,75	31,86	31,86	0
5	38,21	37,38	26,02	26,02	0
6	14,38	24,01	5,31	5,31	5,69
7	8,31	13,74	4,84	4,84	6,16
8	8,31	8,06	4,84	4,84	6,16
9	13,80	8,06	7,62	7,62	3,38
10	12,95	17,79	9,23	9,23	1,77
11	13,23	18,43	9,23	9,23	1,77

Из представленных данных видно, что необходимость обеспечения дополнительного запаса при наступлении второй степени деградации возникает при наличии шести неработоспособных СВРД вокруг неконтролируемой ТВС, что маловероятно. Возникновение второй степени деградации в периферийных ТВС при выходе из строя всего лишь трех СВРД сопровождается наличием большого запаса до уставки, что не требует дополнительного снижения мощности РУ.

6.2 АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДПЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

Для анализа работоспособности СВРД в процессе эксплуатации было рассмотрено 13 кампаний семи энергоблоков. Оценивалась работоспособность ДПЗ на начало кампании. В анализируемые ДПЗ попадали как новые ДПЗ, так и эксплуатировавшийся несколько лет в активной зоне реактора. Из 20804 ДПЗ выявлено 440 неисправных, что составляет 2 %. Как правило, происходит выход из строя единичных ДПЗ, но при этом выявлены случаи отбраковки 3; 4; 6 и 9 СВРД в начале кампании.

В таблице 6.2.1 приведена статистика отбраковки СВРД в рассматриваемых кампаниях.

Таблица 6.2.1 - Статистика отбраковки СВРД

Исправных ДПЗ в СВРД, шт.	Количество СВРД	
	шт.	%
7	2769	93,2
6	147	4,9
5	17	0,6
4	1	0,0
3	1	0,0

НИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ		A01
Исправных ДПЗ в СВРД, шт.	Количество СВРД		
	шт.	%	
2	3	0,1	
1	1	0,0	
0	33	1,1	

НИИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
------------------------------	---	-----

7 ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОГРАММЕ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВРК ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО ЧИСЛА И МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНЫХ ДПЗ

Для проверки предложенных в настоящем отчете степеней деградации СВРК и уровней снижения эксплуатационных ограничений по контролируемым внутриреакторным параметрам при изменении погрешности восстановления поля энерговыделения при различном числе и местоположении работоспособных ДПЗ разработаны предложения в программу и методику испытаний на энергоблоке.

Предлагается программное обеспечение СВРК объединить с разработанным в рамках первого этапа данной работы программным модулем, позволяющим имитировать выход из строя внутриреакторных детекторов по заданным схемам.

В процессе эксплуатации энергоблока, созданный программный комплекс будет извлекать данные о текущем состоянии РУ, необходимые для восстановления поля энерговыделения. На основании полученных данных, в фоновом режиме, будет проводиться восстановление поля энерговыделения со всеми работоспособными ДПЗ и при их последовательном отключении в определенном порядке. Далее будет проводиться сопоставление полей энерговыделения, полученных при полном наборе работоспособных ДПЗ и при имитации их выхода из строя.

Имитацию отключения внутриреакторных детекторов предлагается проводить покомплектно и индивидуально. Индивидуальное отключение проводить для всех ТВС, с последовательным отключением СВРД от ближайших к рассматриваемой ТВС к наиболее удаленным, но ограничить отключение СВРД критерием наличия не менее 30 % работоспособных СВРД.

В результате должна быть получена таблица вида 7.1 изменения погрешности для каждой ТВС при различных вариантах выхода из строя СВРД. Критерием успешности является не превышение максимальной погрешностью результирующей дополнительной погрешности для каждой степени деградации, определенной в разделе 5 исключение могут составлять участки активной зоны с погруженными ОР СУЗ.

НИИЦ "Курчатовский институт"	ВВЭР-ТОИ Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ	A01
------------------------------	--	-----

Таблица 7.1 - Изменение погрешности при выходе из строя СВРД

№ ТВС*	Вариант отключения СВРД	Максимальная погрешность, соответствующая варианту отключения СВРД
1	I комплект	-
	II комплект	-
	Степень «деградации» 0	-
	Степень «деградации» 1	-
	Степень «деградации» 2	-
	Степень «деградации» 3	-
* - № ТВС от 1 до 163		

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
-----------------------------	--	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из функций СВРК является контроль энерговыделения в активной зоне РУ как параметра, определяющего безопасную эксплуатацию энергоблока. ПТК СВРК по контролю энерговыделения состоит из нижнего (ПТК-З) и верхнего (ПТК ВУ) уровней.

В ПТК ВУ (ВВЭР ТОИ) предусматривается контроль следующих параметров энерговыделения:

- коэффициенты неравномерности объемного энерговыделения (K_v);
- линейное энерговыделение твэлов/твэггов/периферийных твэлов (Q_l).

В ПТК-З предусматривается формирование сигналов защиты (АЗ, ПЗ) по линейному энерговыделению.

Для контроля непревышения установленных ограничений в ПТК ВУ и в ПТК-З вводятся уставки на контролируемые параметры. При определении уставок на контролируемые параметры учитывается погрешность восстановления объёмного энерговыделения в СВРК, не превышающая 5 % в доверительном интервале 0,95.

Выход из строя внутриреакторных детекторов может приводить к увеличению погрешности восстановления поля энерговыделения в СВРК. Возможная дополнительная погрешность, появляющаяся при выходе из строя внутриреакторных детекторов, должна быть учтена при расчете уставок для контролируемых по энерговыделению параметров для обеспечения безопасной эксплуатации РУ.

На предыдущем этапе работы исследовано изменение погрешности восстановления поля энерговыделения в ПО СВРК и в алгоритмах защиты по локальным параметрам при выходе из строя ДПЗ с имитацией возможных отклонений реального поля энерговыделения от модельного. Исследование основано на оценке отклонения поля энерговыделения, восстановленного с различным числом и месторасположением работоспособных ДПЗ, от поля энерговыделения, восстановленного с полным набором работоспособных ДПЗ.

Поскольку энергоблоки проекта ВВЭР ТОИ могут эксплуатироваться в режиме суточного регулирования мощности, то на данном этапе работ исследование дополнено анализом изменения погрешности восстановления поля энерговыделения с различным числом и положением работоспособных ДПЗ при переходных процессах, вызванных снижением/подъемом мощности.

В работе представлено описание существующих степеней «деградации» указаны их недостатки. Одним из недостатков существующих методов является необходимость снижения мощности реактора при появлении определенной степени «деградации» независимо от того, что неконтролируемая область может иметь существенные запасы до эксплуатационных пределов.

В рамках данной работы предлагается разделить подходы к определению контролируемости ТВС в ПТК ВУ и контролируемости участка ТВС в ПТК-З. Для целей контроля локальных параметров в ПТК-З оставить действующий подход к определению контролируемости участка ТВС, а для восстановления поля энерговыделения в ПТК ВУ разработать новый подход к определению контролируемости ТВС и степеням «деградации» СВРК по количеству и местоположению работоспособных СВРД. Предлагается связать контролируемость ТВС с текущей погрешностью определения энерговыделения в ней. В процессе эксплуатации, при выходе из строя СВРД, должна определяться контролируемость каждой ТВС, и, при выявлении ненулевой степени «деградации», должны вводиться поправки в эксплуатационные ограничения данной ТВС в соответствии со степенью «деградации» данной ТВС.

В итоге предлагается, при выявлении степени деградации уменьшать

TOI-NIR-BDD0013	Отчет о научно-исследовательской работе	39
-----------------	---	----

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	A01
-----------------------------	---	-----

эксплуатационные пределы для ТВС, где определена степень деградации:

- для первой степени деградации на 5 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для второй степени деградации на 11 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для третьей степени деградации на 19 % от текущего значения эксплуатационного предела;
- для четвертой степени деградации РУ должна быть переведена в «горячее» состояние.

На примере топливных загрузок проекта ВВЭР ТОИ проведено исследование уровней снижения мощности РУ при выходе из строя внутриреакторных детекторов при возникновении какой-либо степени «деградации» СВРК.

Из представленных данных видно:

- при первой степени «деградации» необходимости снижения мощности или перераспределения поля энерговыделения практически не потребуется (требуется снижение на 0,16 %, если «деградация» возникла в самой напряжённой ТВС). Для возникновения этой ситуации необходимо пять неработоспособных СВРД в ближайшем окружении этой ТВС;
- при второй степени «деградации», если «деградация» возникла в самой напряжённой ТВС, может потребоваться снижение мощности или перераспределение поля энерговыделения на 5,69 % в контролируемом участке ТВС. Для возникновения этой ситуации необходимо 6 неработоспособных СВРД в ближайшем окружении этой ТВС;

Из проведенного анализа работоспособности ДПЗ некоторых действующих энергоблоков следует, что одновременный отказ пяти и более СВРД в ближайшем окружении напряженных ТВС маловероятен.

Возникновение первой/второй степени деградации в периферийных ТВС при выходе из строя всего лишь двух/трех СВРД сопровождается наличием большого запаса до уставки, что не требует дополнительного снижения мощности РУ.

Для проверки предложенных в настоящем отчете степеней деградации СВРК и уровней снижения эксплуатационных ограничений по контролируемым внутриреакторным параметрам при изменении погрешности восстановления поля энерговыделения при различном числе и местоположении работоспособных ДПЗ разработаны предложения в программу и методику испытаний на энергоблоке.

Несмотря на то, что возникновение «деградации» с необходимостью уменьшения мощности маловероятно, следует учесть, что величина дополнительной погрешности зависит от амплитуды и формы различия реального поля энерговыделения в активной зоне реактора от модельного, особенно в местах отсутствия СВРД. Поэтому необходимо разработать методы выявления и учета различия реального поля энерговыделения в активной зоне реактора от модельного. Особое внимание необходимо уделить выявлению локальных отклонений в начале эксплуатации топливной кампании.

НИИ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	--	-----

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	- аварийная защита
АЭС	- атомная электрическая станция
БЗТ	- блок защитных труб
ВВЭР-ТОИ	- водо-водяной энергетический реактор типовой оптимизированный и информатизированный
ДПЗ	- детектор прямой зарядки
ЛС	- линия связи
НУ	- нижний уровень
ОР СУЗ	- орган регулирования системы управления и защиты
ПЗ	- предупредительная защита
ПО	- программное обеспечение
ППО	- прикладное программное обеспечение
ПТК-3	- программно-технический комплекс защиты
ПТК-СВРК	- программно-технический комплекс СВРК
РУ	- реакторная установка
СВРД	- сборка внутриреакторных детекторов
СВРК	- система внутриреакторного контроля
ТВС	- тепловыделяющая сборка
ТВЭГ	- тепловыделяющий элемент с гадолинием
ТВЭЛ	- тепловыделяющий элемент
ТП	- термоэлектрические преобразователи

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	--	-----

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 «Комментарий к общим положениям безопасности атомных станций. ОПБ-88/97. Труды НЦТ ЯРБ, Москва, 2004
- 2 Развитие решений по защите активной зоны по внутриреакторным параметрам с учетом особенностей размещения и конструкции СВРД для ВВЭР-ТОИ. ТОИ-NIR-BDD0018: отчет/ НИЦ "Курчатовский институт"; рук. Косоуров К.Б.; исполн.: Мильто Н.В., Калинушкин А.Е., Мильто В.А., Липин Н.В.– М., 2013. – Инв. № 212-60/1-32-413.
- 3 ВВЭР ТОИ, Энергоблок № 1. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Глава 4.
- 4 Оптимизация режимов работы реактора в суточном графике несения нагрузки без борного регулирования с использованием программы ИР. ТОИ-NIOKR-MDD0002: отчет/НИЦ "Курчатовский институт", рук. Иванов В.К; исполн: Горбаев В.А., Лизоркин М.П., Филимонов П.Е., Аверьянова С.П., Дубов А.А.; -М., 2013. -Инв.№ 212-60/1-118-.
- 5 Расчет изменения погрешности восстановления поля энерговыделения в системе защиты активной зоны по локальным параметрам и расчет изменения погрешности восстановления поля энерговыделения с помощью ПО СВРК («Хортица-М»). ТОИ-NIR-BDD0012: тех. справка/НИЦ "Курчатовский институт"; рук. Косоуров К.Б.; исполн.: Мильто Н.В., Калинушкин А.Е., Мильто В.А., Липин Н.В., Скороходов Д.Н.– М., 2014. –Инв. № 212–56/1–198–314.

НИЦ "Курчатовский институт"	<p style="text-align: center;">ВВЭР-ТОИ</p> <p style="text-align: center;">Обоснование допустимых уровней мощности РУ ВВЭР-ТОИ для различного числа и месторасположения работоспособных ДПЗ</p>	А01
-----------------------------	--	-----

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов				Всего листов в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводи- тельного докум. и дата	Подп.	Дата
	изменен- ных	заменен- ных	новых	аннули- рованных					