



ОКБ  
ГИДРОПРЕСС  
РОСАТОМ

# Система представления оператору обобщенной информации о состоянии РУ и энергоблока АЭС с ВВЭР. Значение и проектные основы.

Научно-техническая конференция «Ядерное приборостроение: история, современность, перспективы». / АО «СНИИП», Москва, 25-27.10.2022

# 1. Требования ФНП РФ (НП-001-15).

## 2. Человеко-машинный интерфейс.

1. «3.4.5.1. Система информационной поддержки оператора должна представлять персоналу БПУ обобщенную информацию о параметрах АС, характеризующих состояние функций безопасности». Способ представления обобщенной информации о состоянии РУ и АС – в первую очередь, состояние функций безопасности, непосредственно характеризующих целостность того или иного физического барьера для уровней 1-4 ГЭЗ. Состояние конкретной ФБ характеризуется значениями соответствующих параметров безопасности.

2. По результатам ВАБ вклад ошибки персонала в вероятность ЗПА с плавлением активной зоны в проекте АЭС с ВВЭР-ТОИ составляет 19,9 %, в то время, как отказ СПОТ – 2,8 %



# Проектные основы.

- В соответствии с параметрами безопасности статусу функций безопасности присваивается один из уровней состояния: удовлетворительное, неудовлетворительное, тяжёлое, экстремальное.
- Под удовлетворительным состоянием функций безопасности понимается состояние, соответствующее нормальным условиям эксплуатации, под неудовлетворительным — эксплуатация с отклонениями от нормальной эксплуатации, включающая в себя ожидаемые при эксплуатации события (эксплуатация до срабатывания систем безопасности).
- Тяжёлое состояние функций безопасности возникает при нарушении пределов безопасной эксплуатации по радиационным параметрам, а также при появлении признаков, характеризующих аварийные условия.
- Экстремальное состояние функций безопасности — состояние, при котором проявляется неспособность 3-го уровня ГЭЗ к преодолению исходного события, вследствие чего может произойти тяжёлая запроектная авария (ТЗПА).

# Проектные основы.Продолжение.

- Функция безопасности – цель и действия. Ответ на вопрос – Что делать ?
- В условиях отказов ответ на вопрос «Что делать ?» является более приоритетным по отношению к вопросу «Что происходит?»
- Предоставление информации оперативному персоналу в виде состояний ФБ даёт ответ на вопрос «Что делать ?»
- Условия отказов могут реализовываться на всех уровнях ГЭЗ, следовательно и представление состояний ФБ должно распространяться на все уровни ГЭЗ, за исключением, возможно, 5-го уровня.

# Проектные основы.Продолжение.

- Переходы функций безопасности, как минимум одной, в более тяжёлые состояния увязаны с изменениями уровней ГЭЗ, а именно:
  - — переход из удовлетворительного состояния в неудовлетворительное соответствует переходу на уровень 2 ГЭЗ;
  - — переход из неудовлетворительного состояния в тяжёлое соответствует переходу на уровень 3 ГЭЗ;
  - — переход из тяжёлого состояния в экстремальное соответствует переходу на уровень 4 ГЭЗ.
- Для каждого состояния функций безопасности по материалам проекта, включая регламент, инструкции по ликвидации проектных аварий, руководство по управлению запроектными авариями, руководство по управлению тяжёлыми авариями, осуществляется отбор параметров безопасности, для которых назначаются допустимые предельные параметры безопасности (ДППБ), при превышении которых функция безопасности переходит в более тяжёлое состояние.

# Проектные основы. Продолжение.



Шкала проектных пределов для состояний РУ и АЭС при работе на энергетических уровнях мощности: Н — номинальный режим; САР — системы автоматического регулирования; ТЗБ — технологические защиты и блокировки (для нормальной эксплуатации); СБ — системы безопасности; ПБЭ — пределы безопасной эксплуатации; ППА — проектные пределы для аварий; ПБ — параметры безопасности; ЭП — эксплуатационные пределы в области параметров эксплуатационных переходных режимов; ФБ — функция безопасности; ДППБ — допустимые пределы параметров безопасности; \* — стационарный режим — режим работы на постоянном (заданном) уровне мощности с отклонениями параметров от номинальных значений, вызванными погрешностью измерения и поддержания при работе САР; \*\* — термин взят из Руководства МАГАТЭ; \*\*\* — в данном случае ДППБ на уровне 4 ГЭЗ соответствуют стадии предотвращения развития запроектных аварий в тяжёлые запроектные аварии

# Функции и параметры безопасности безопасности. Пример.

- Управление реактивностью (параметры безопасности: нейтронная мощность, период реактора, концентрация борной кислоты);
- Охлаждение активной зоны реактора (запас до кризиса теплоотдачи, запас до кипения, максимальная температура теплоносителя на выходе из теплонапряженной ТВС);
- Охлаждение бассейна выдержки (температура, уровень, скорость изменения уровня воды в баке-накопителе протечек через неплотности в облицовке БВ);
- Отвод тепла от первого контура (уровень в ПГ, давление в ПГ, давление в ГПК);
- Обеспечение целостности первого контура (температура теплоносителя, давление в первом контуре, скорость расхолаживания);
- Обеспечение запаса теплоносителя (уровень в КД, в ГЕ САОЗ и пр.);
- Обеспечение целостности герметичного ограждения (давление под ГО, концентрация водорода, состояние локализирующей арматуры)

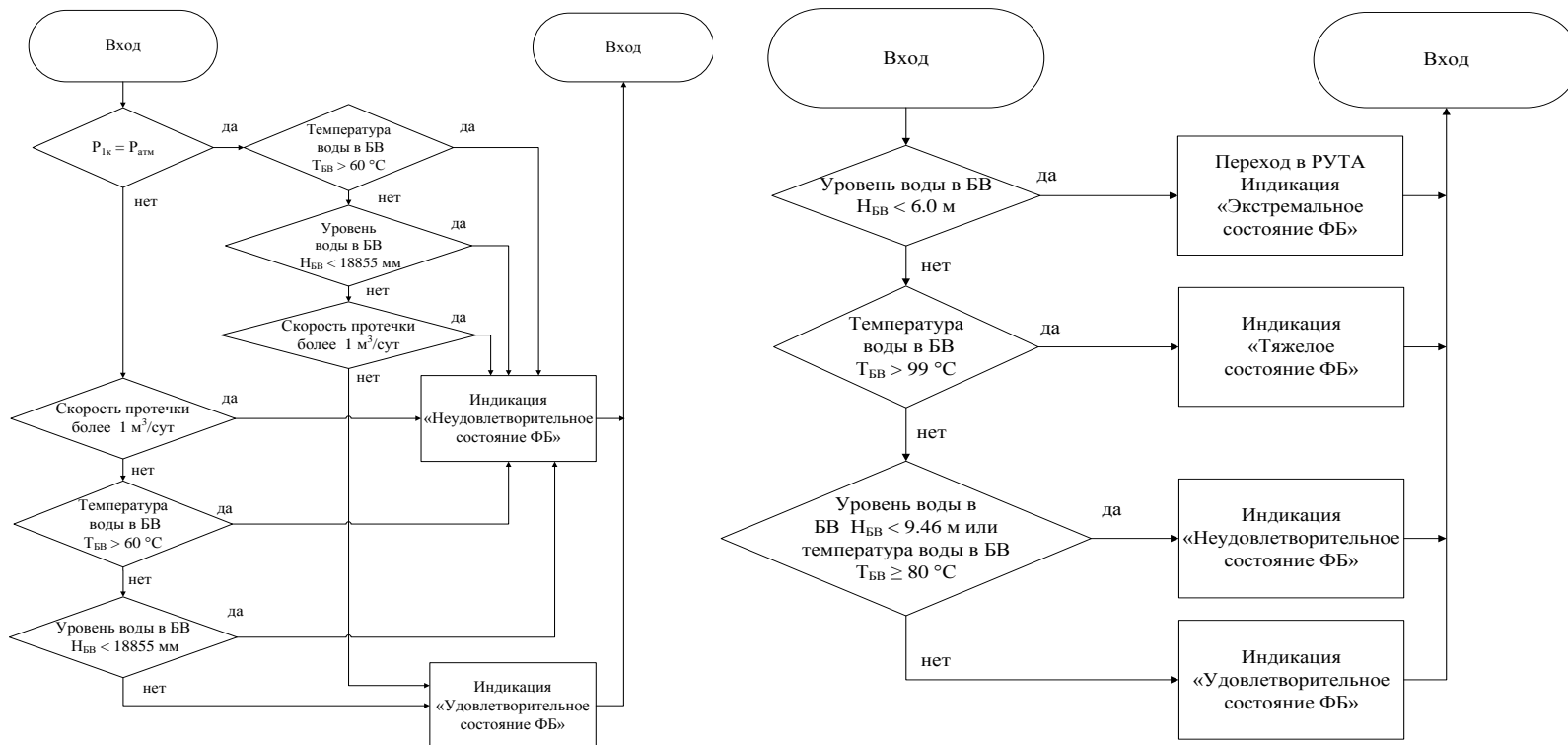
# Проектные основы.Продолжение.

Связь групп проектных режимов с ФБ

ФБ	Группы проектных режимов							
	Увеличение теплоотода от первого контура  Группа №1	Уменьшение теплоотода от первого контура  Группа №2	Уменьшение расхода теплоносителя первого контура  Группа №3	Изменения реактивности и распределе-ния энергово-деления в активной зоне  Группа №4	Увеличение массы теплоноси-теля первого контура  Группа №5	Уменьшение массы теплоносителя первого контура  Группа №6	Нарушения в транспортно-технологи-ческих операциях  Группа №7	Нарушение охлаждения БВ  Группа №8
Управление реактивностью	+	+*	+*	+*	+*	+*	+***	+***
Охлаждение активной зоны реактора	+	+	+	+	+	+	+	
Охлаждение БВ							+	+
Отвод тепла от первого контура ко второму	+	+	+	+	+	+**		
Обеспечение целостности первого контура	+	+	+	+	+	+		
Обеспечение запаса теплоносителя первого контура	+	+	+	+	+	+	+	
Обеспечение целостности ГО	+	+	+	+	+	+	+	+
* В ряде режимов необходим «останов реактора»								
** При малых течах								
*** В данном случае ФБ “Обеспечение подкритичности топлива в БВ”								
Примечание – Знак «+» означает рассмотрение данной ФБ для конкретной группы проектного режима								



# Определение состояния функции безопасности. Пример. Охлаждение ядерного топлива в бассейне выдержки на уровнях 1-4 ГЭЗ.



# Спасибо за внимание

**к.т.н. Подшибякин Михаил Александрович**  
Начальник отдела АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»

Тел.: +7 (4967) 54 00 62  
E-mail: [pom@grpress.podolsk.ru](mailto:pom@grpress.podolsk.ru)  
[www.gidropress.podolsk.ru](http://www.gidropress.podolsk.ru)

**11.10.2022**

