

# Основные результаты независимой проверки ВАБ 1-го энергоблока ЮУ АЭС

*Международный форум по обмену информацией. АЭС с реакторами ВВЭР и  
РБМК, апрель 2002*

С.Краснуха,

Нач. лаб. ВАБ ЮУ АЭС

С. Жалило

Инженер лаб. ВАБ

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

### Содержание:

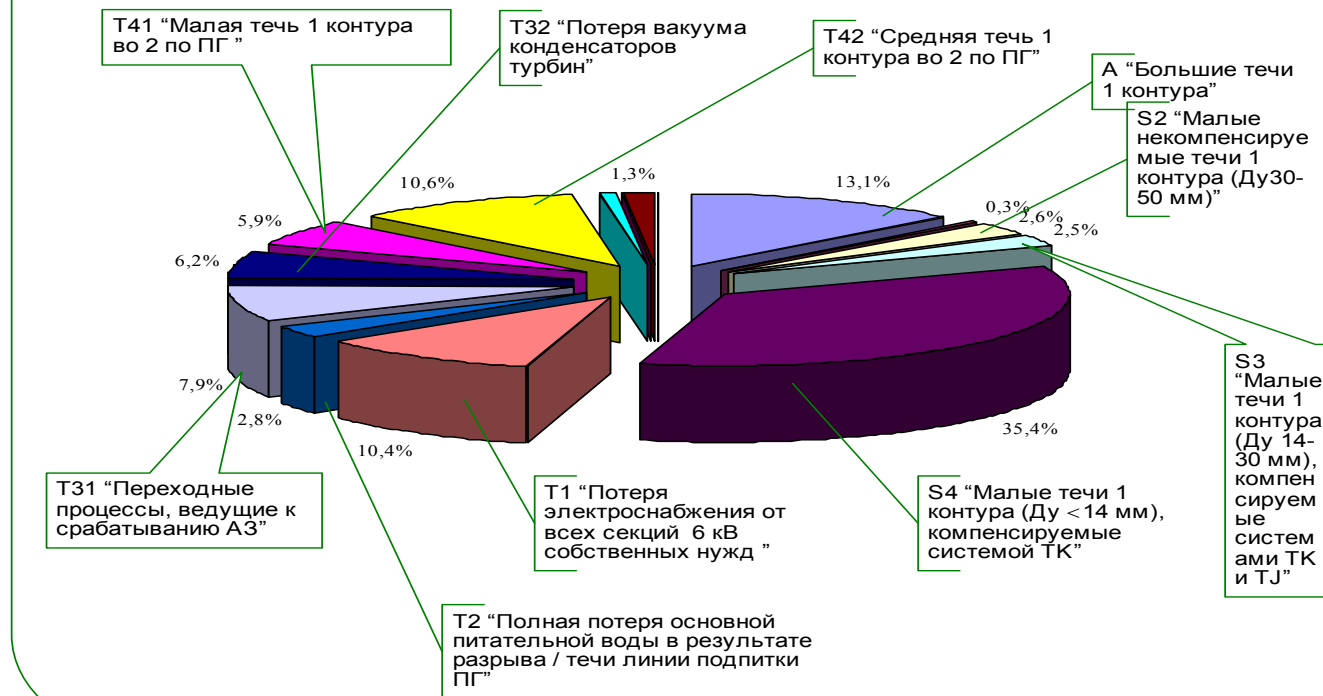
- Введение- слайд №3
- Краткие результаты ВАБ- слайды 4-9
  - Анализ профиля риска - слайд 8
  - Практические результаты ВАБ - слайд 9
- Независимая проверка - слайды 10-17
  - Организация независимой проверки - слайды 10-11
  - Результаты независимой проверки- слайды 12-17
- Совещание по разрешению разногласий - слайды 18-26
  - Подход SCIENTECH к разрешению разногласий - слайды 20-25
  - Результаты проверки - слайд 26
- Выводы - слайд 27
- Литература - слайд 28

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Вероятностный анализ безопасности энергоблока №1 ЮУАЭС выполнялся для разработки главы ВАБ в составе ОАБ для получения постоянной лицензии. Особенность такой постановки задачи заключается в консервативной оценке профиля риска энергоблока, который предполагает определенные упрощения, вскрывая при этом основные недостатки в состоянии безопасности энергоблока.
- Объем работ соответствует ограниченному объему ВАБ уровня 1 для внутренних исходных событий, без учета зависимых отказов оборудования (затопления, запаривания).
- ВАБ энергоблока №1 был завершен в октябре 1999г. и прошел государственную экспертизу и проверку МАГАТЭ (IPSART) в 2000 году.
- Результаты миссии МАГАТЭ IPSART в апреле 2000г и государственной экспертизы в том же году отметили в целом хорошее качество ВАБ.
- Этими проверками были определены также принципиальные моменты, связанные с направлениями улучшения ВАБ (вопросы, связанные с учетом зависимых отказов, зависимостей между действиями персонала, а также моделированием до аварийных действий персонала и отказов по общей причине).
- Несмотря на указанные обстоятельства, осенью 2000 года по инициативе американской стороны и в рамках передачи технологии была начата независимая проверка, которая продолжалась вплоть до марта 2002г.
- Настоящая презентация имеет своей целью доложить об основных результатах работы, а также дать общее представление о ВАБ энергоблока №1 ЮУ АЭС.
- Для выполнения второй задачи на следующих нескольких слайдах приводятся общее распределение частот активной зоны, доминантные аварийные последовательности и основные вкладчики в ЧПАЗ, а также даются общие выводы.

# Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

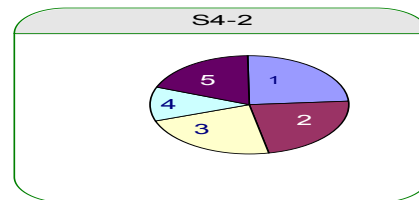
Общее распределение частоты плавления активной зоны по группам





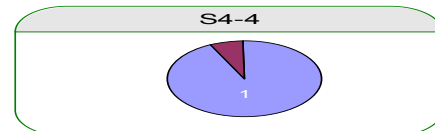
# Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

## Основные вкладчики в доминантные аварийные последовательности



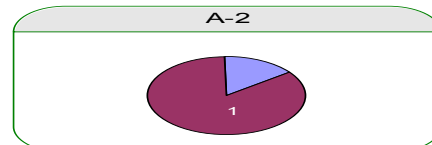
### Супер-малые течи первого контура(<14мм) АП №2

1	Течь теплообменника САОЗ НД+ Действия персонала по подключению насосов подпитки	24,1 %
2	Действия персонала по включению насосов ТН на контур+Действия персонала по подключению насосов подпитки	22,6
3	Действия персонала по включению насосов ТН по линии на рециркуляцию+Действия персонала по подключению насосов подпитки	22,6
4	Отказ задвижек на линии аварийного ввода бора+действия персонала по подключению насосов подпитки	11,5%
5	отказы насосов САОЗ, течи теплообменника САОЗ и т.д	19,2%



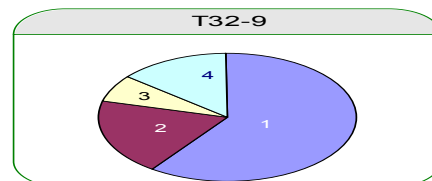
### Супер-малые течи первого контура(<14мм) АП №4

1	Перевод БРУ-К/БРУ-А в режим расхолаживания	91 %
2	Отказ инвертеров РТС системы надежного электроснабжения	7,2%



### Большие течи первого контура(70мм)

1	Действия персонала по переключению каналов САОЗ с целью предотвратить их забивание и засорение отдельных каналов САОЗ НД	84,7%
2	Забивание прямка теплоизоляцией	15,3%



### Потеря Вакуума в конденсаторах турбины

1	Действия персонала по подключению АПЭН и восстановительные действия по подключению ВПЭН	59,70
2	Отказ насосов АПЭН и восстановительные действия персонала по подключению ВПЭН	19,20
3	Отказ на закрытие задвижек RL35S01, RL35S02, RL35S03 на линии рециркуляции и восстановительные действия персонала по подключению ВПЭН	6,90
4	Прочее	14,20

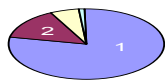
### T31-13 Переходные процессы АП №13

1	Действия персонала по вводу бора, восстановительные действия персонала по подключению резервных источников ввода бора	99,44%
---	---	--------

# Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

## Основные вкладчики в доминантные аварийные последовательности

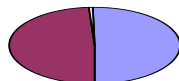
T42-36



Средняя течь из первого котлура во второй по ПГ АП№36

1	Отказ ГЗЗ и действия персонала по изоляции аварийного ПГ по питательной воде(механические действия)	77,80%
2	Отказ ГЗЗ и действия персонала по изоляции аварийного ПГ по питательной воде(диагностика)	15,10%
3	Отказ на закрытие запорной арматуры на линии основной питательной воды RL41S08+ Отказ ГЗЗ	5,7%
4	Прочее	1,4%

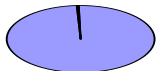
T42-05-9



Средняя течь первого контура во второй в ПГ АП№05-9

1	Действия персонала по переводу 1-го канала САОЗ ВД на рециркуляцию(механические)+восстановительные действия персонала по управлению давлением первого контура	49,78%
2	Действия персонала по переводу 2-го канала САОЗ ВД на рециркуляцию(механические)+восстановительные действия персонала по управлению давлением первого контура	49,78%
3	Действия персонала по переводу САОЗ ВД на рециркуляцию(диагностика)+восстановительные действия персонала по управлению давлением первого контура	0,44%

T42-4



Средняя течь первого контура во второй по ПГ АП№4

1	Действия персонала по переводу БРУ-К или БРУ-А в режим расхолаживания и управления давлением первого контура(диагностика)	99,71%
2	Отказ инверторов PTS надежного питания	0,29%

T41-3



Малая течь 1-го контура во 2-ой по ПГ T41-03

1	Действия персонала по переводу 1/4 БРУ-К или 1/ЗБРУ-А в режим расхолаживания (диагностика)	88,24%
2	Отказ инверторов PTS надежного питания	6,95%
3	Прочее	4,81%

T1-9 Потеря электроснабжения от всех секций 6 кВ собственных нужд АП №9

1	Действия персонала по вводу бора, восстановительные действия персонала по подключению резервных источников ввода бора	100%
---	---	------

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Анализ профиля риска энергоблока №1 ЮУ АЭС, приведенный на предыдущих слайдах позволяет определить первоочередные направления повышения безопасности, которые позволят значительно снизить риск эксплуатации без привлечения значительных затрат:
  - Это, прежде всего, совершенствование аварийных процедур (уточнение формулировок и включении в аварийные инструкции восстановительных действий персонала), разработка и внедрение симптомно-ориентированных руководств;
  - Внедрение в практику тренировок персонала наиболее критичных действий, полученных в рамках ВАБ даст дополнительную уверенность в способности персонала выполнять правильные действия в аварийных условиях и при высоком уровне стресса;
  - Внедрение мер по снижению вероятности забивания прямка за счет детализации аварийных процедур в части управления каналами САОЗ НД и выполнение реконструкции приемных устройств, позволит значительно снизить вклад забивания прямков теплоизоляцией;
  - Реконструкция системы САОЗ ВД, позволит работать при низких давлениях, от прямка и внедрить режим Feed&Bleed. Данное мероприятие позволит значительно улучшить надежность отвода тепла первым контуром в условиях малых течей и переходных процессов;
  - Мероприятия по автоматизации работы арматуры на линии АПЭН и на линии аварийного ввода бора, повышение надежности работы ВПЭН (запитка от системы надежного электроснабжения), внедрение блокировок на управление БРУ-А С БЩУ, повышение надежности ГЗЗ и инверторов системы надежного электроснабжения позволят значительно снизить вклады отказов оборудования в доминантные аварийные последовательности;
- Более подробный анализ эффективности перечисленных выше мероприятий приводится в докладе Г.Балакана и А.Проходцева на данном форуме.

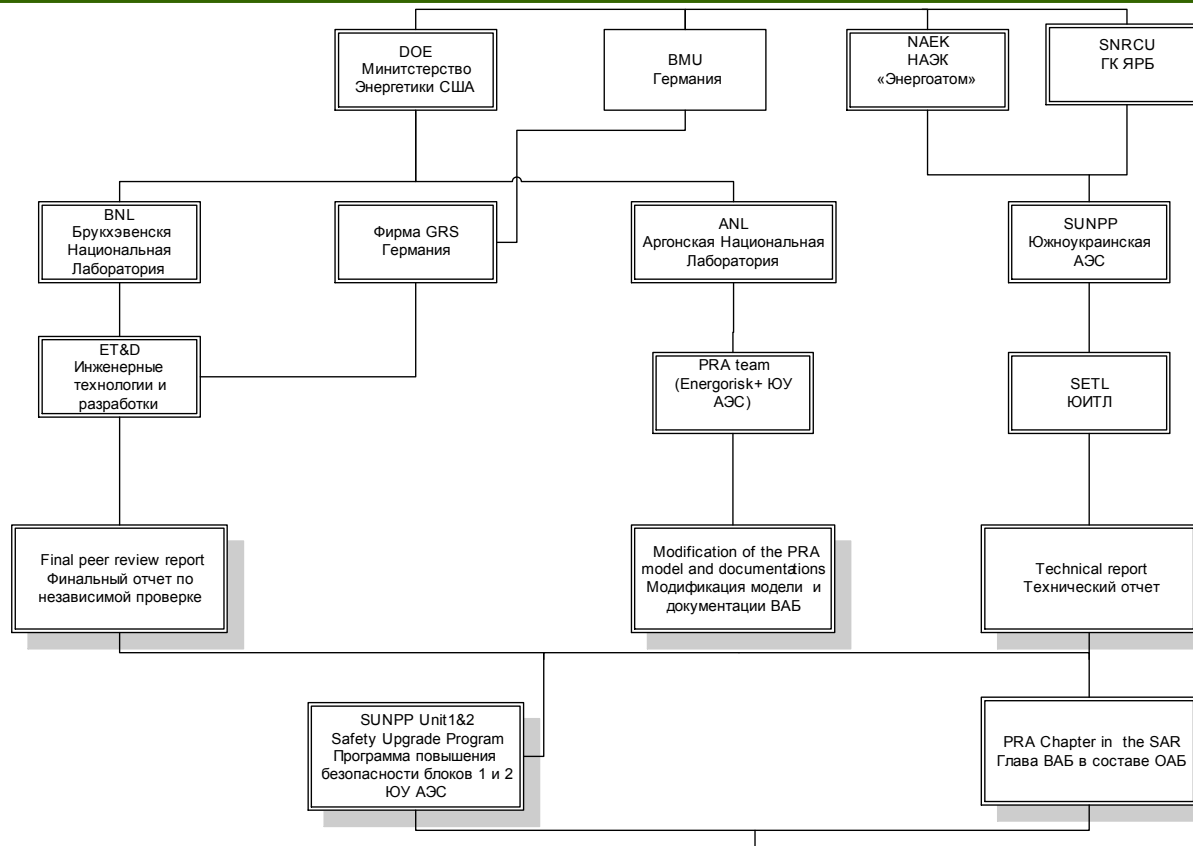
## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Несмотря на длительный процесс проверок, результаты ВАБ уже были применены и применяются на ЮУ АЭС в практическом плане в следующих областях:
  - Разработке главы ВАБ в составе ОАБ и документов для получения постоянной лицензии на эксплуатацию энергоблока.
  - Разработке и оптимизации программы модернизации энергоблоков 1 и 2 ЮУ АЭС;
  - Настройке (валидации) программ полномасштабного тренажера энергоблока №1 ЮУ АЭС;
  - Разработке и внедрении системы SPDS, уникальность которой во многом достигнута благодаря наличию ВАБ и в результате анализа его результатов.
  - Тренировке персонала, которая проводится с учетом анализа аварийных процессов полученного в рамках ВАБ.
- Таким образом, результаты ВАБ востребованы в практическом плане и уже приносят реальные плоды Эксплуатирующей организации и АЭС.
- Перейдем к обсуждению независимой проверки. На следующем слайде приводится организационная диаграмма выполнения независимой проверки, отражающая взаимодействие различных организаций, вовлеченных в данную проверку.

# Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

## Организационная диаграмма независимой проверки ВАБ

6 April 2002 г.



## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- **Применяемый подход**

Как видно из диаграммы в проверке были задействованы с одной стороны команда независимой проверки - Инженерные технологии и разработки(ET&D) при поддержке GRS и, с другой стороны, команда ВАБ - "Энергориск", совместно с ЮУ АЭС и ЮИТЛ(SETL).

- Американские участники(ANL,BNL) осуществляли общую координацию процессом выполнения независимой проверки.
- Задача ЮИТЛ заключалась в осуществлении взаимодействия с разработчиком ВАБ –"Энергориск" и специалистами ЮУ АЭС с целью составления обоснованных ответов на вопросы команды независимой проверки (ET&D/GRS).

- **Этапы независимой проверки**

- Независимая проверка состояла из следующих этапов:
  - Проверка процедурных руководств
  - Проверка верхнего уровня(документация по ВАБ)
  - Углубленная проверка (аспекты моделирования)
- В таблице, приведенной на следующем слайде приведены краткие результаты каждого этапа проверки.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

№	Этапы	Всего замечаний	Принято/ Значимые/Medium
1	Проверка процедурных руководств	161	85/20/1
2	Предварительная проверка	474	221/23/19
3	Углубленная проверка	717	232/58/10
3	Всего	1352	538/101/30

«Принято» – означает, отнесено к одной из 4х категорий ранжирования влияния замечаний на результаты ВАБ: High, Medium, Low, N/A (см. также. Отчет по миссии IPSART).

“Значимые” - означает отнесение к категориям выше N/A

На следующем слайде приводятся категории оценки значимости, принятые ЮИТЛ, для ранжирования замечаний независимой проверки.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

№	Формулировка	Категория
	Выявленные экспертами проблемы или спорные вопросы оказывают существенное влияние на основные результаты ВАБ. Не разрешение выявленных проблем ведет к невозможности дальнейшего применения ВАБ.	«High».
	Выявленные экспертами проблемы или спорные вопросы ставят под сомнение достоверность количественных оценок некоторых частей ВАБ, но не оказывают существенного влияния на общие результаты ВАБ. Не разрешение выявленных проблем ограничивает возможность применения ВАБ для некоторых областей.	«Medium».
	В данную категорию включаются проблемы или спорные вопросы, отражающие различия в подходах экспертов или исполнителей ВАБ. Не разрешение выявленных проблем не оказывает существенного влияния как на количественные оценки ВАБ, так и на возможность его дальнейшего применения.	«Low»
	Категория отображает, что проблема или спорный вопрос разрешены (отсутствуют), либо не имеет никакого влияния на результат.	«N/A»

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Объем доклада не позволяет указать все вопросы, принятые ЮИТЛ в рамках независимой проверки, поэтому ниже приводятся краткие выводы по значимым вопросам.
- проверка процедурных руководств(отчет SETL310SGPRR):
  - Замечания, связанные с четким описанием всех этапов анализа -7 замечаний.
  - Замечания, связанные с методами анализа и допущениями-5 замечаний.
  - Замечания, связанные с требованиями к данным - 4 замечания.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- **предварительная проверка (отчет SETL320TPRR):**
  - 198 принятых замечания связаны, главным образом, с качеством документирования и обоснованности принимаемых упрощений. Из них значительное количество замечаний, связано с недостатками документирования (122).
  - Наибольшее количество значимых замечаний относится к критерию приемлемости, связанному с применяемыми методами анализа и допущениями (13 замечаний).
  - Распределение замечаний, в целом, коррелирует с недостатками, обнаруженными при проверке процедурных руководств.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- **углубленная проверка ( отчет SETL330IDPRR):**
  - Наиболее существенным упрощением моделирования является недостаточный учет возможных восстановительных действий персонала в условиях очень маленькой течи, приводящий к избыточному уровню консерватизма и несбалансированному профилю риска.
  - С другой стороны для больших течей была применена оптимистичная оценка действий персонала, связанных с переключениями каналов САОЗ НД при забивании прямков.
  - Указанные два фактора перераспределяют профиль риска между большими и очень малыми течами(о степени этого перераспределения и других аспектах изменяющих профиль риска энергоблока говорится в докладе Г.Балакана и А.Проходцева на данном форуме).
  - Следует отметить, что ВАБ выявил очень значительную зависимость ЧПАЗ от действий персонала, и, одновременно, не мог полностью адекватно отразить эти действия из за противоречий самих инструкций. Поэтому возникает необходимость выполнить переоценку действий персонала. Однако, такая переоценка может быть выполнена только после выполнения необходимых модификаций аварийных руководств(такое решение было принято на совещании по разрешению разногласий независимой проверки)
  - С этой точки зрения, положительным аспектом ВАБ было выявление противоречий и неточностей аварийных руководств, и их документирование, как отклонений от требований аварийных руководств, принятых при моделировании на основе термодинамического и инженерного анализа.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- **Другими значимыми категориями вопросов выявленными в рамках углубленной проверки являются:**
  - Опечатки и неточности в документировании, не приводящие к существенному влиянию на результаты анализа;
  - Недостаточный учет неготовности оборудования вследствие опробований, обслуживаний и ремонтов;
  - Избыточно консервативный учет некоторых эксплуатационных событий при расчете частот ИСА(Например, для SSLOCA); а также не учет некоторых событий.
  - Неполный учет отказов по общим причинам;
  - Избыточно консервативная оценка механических действий персонала по сравнению с диагностическими;
  - Избыточность моделирования второго канала САОЗ НД для течей более 100мм;
  - Некорректные упрощения при моделировании ФБ «Управление давлением 2-го контура» для переходных процессов;
  - Некорректные упрощения и неточности моделирования отдельных деревьев отказов.
- **На следующих слайдах обсуждаются результаты совещания по разрешению разногласий независимой проверки ВАБ.**

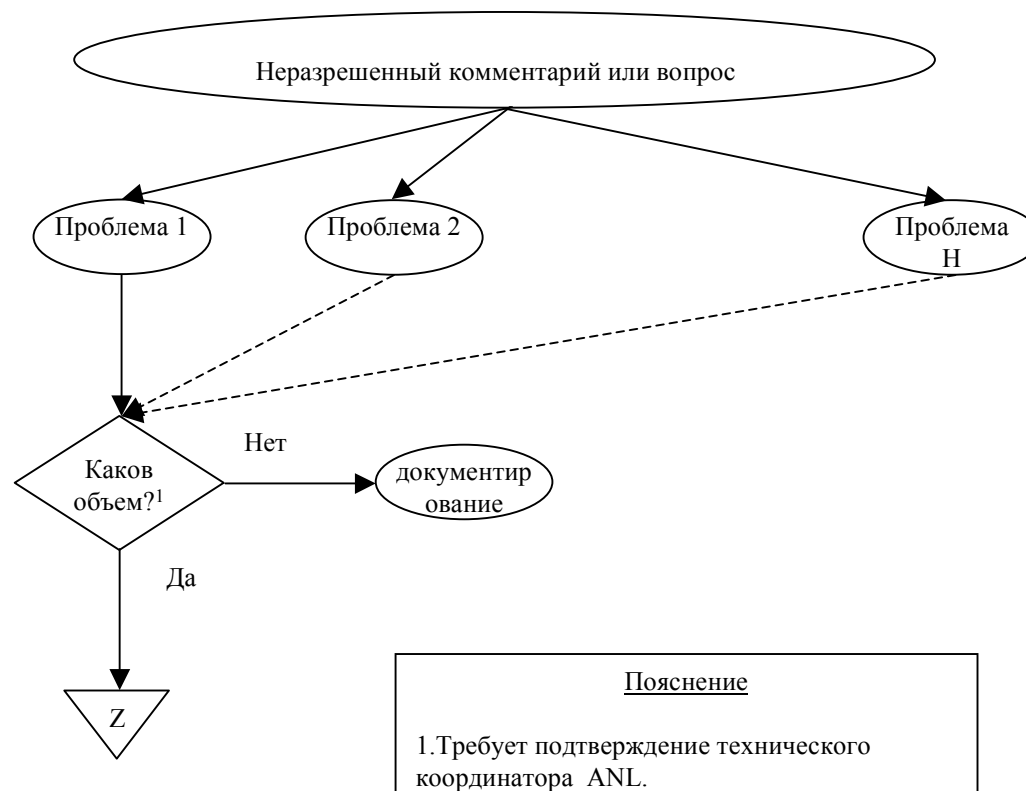
## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- В период 6 -11 марта на ЮУ АЭС была проведена рабочая встреча по разрешению разногласий между командой ВАБ и командой независимой проверки.
- Цель встречи заключалась в передаче технологии Украине, которая позволила бы оценить влияние разногласий, изложенных в комментариях по результатам независимой проверки и ускорить их окончательное разрешение, а также рассмотрение вопросов вынесенных командой независимой проверки в качестве разногласий.
- Несколько следующих слайдов иллюстрируют некоторые аспекты методологии независимой проверки, полученные в рамках передачи технологии.

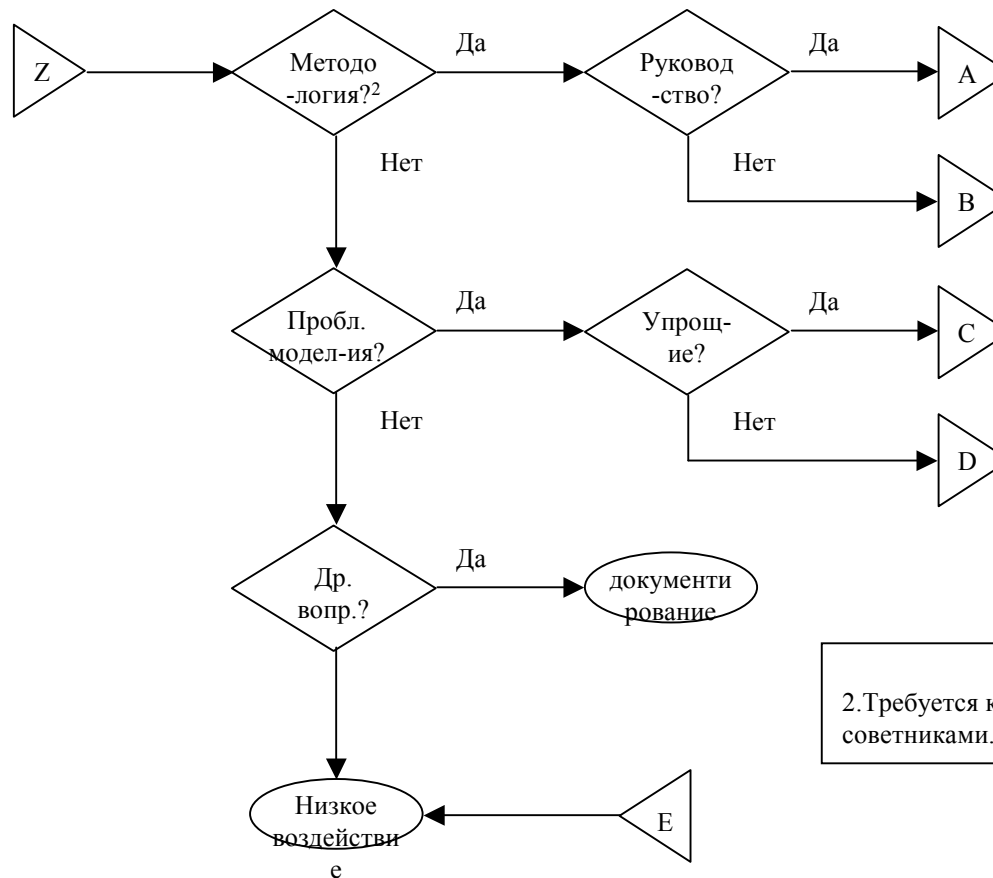
## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Независимая проверка со стороны ЮИТЛ была основана на формулировке цели, которая ставилась при выполнении ВАБ 1 блока Южно-Украинской АЭС, а именно выполнение ВАБ для отчета по анализу безопасности.
- Такая формулировка предполагает применение консервативного подхода для оценки профиля риска.
- Изменение цели моделирования (например ВАБ для мониторинга риска) будет вносить существенные изменения в модель (как было показано ET&D и GRS), которые будут устранять избыточный консерватизм и позволят оценить более подробно технологические особенности, связанные с эксплуатацией энергоблока.
- Так как вопрос методологии независимой проверки исключительно важен, на следующих слайдах кратко приводится суть методологии, которая была передана на ЮУ АЭС фирмой Scientech в рамках совещания по разрешению разногласий. Данная информация приводится для того, чтобы дать возможность использовать ее для аналогичных проверок, которые выполняются или будут выполняться для других АЭС Украины.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

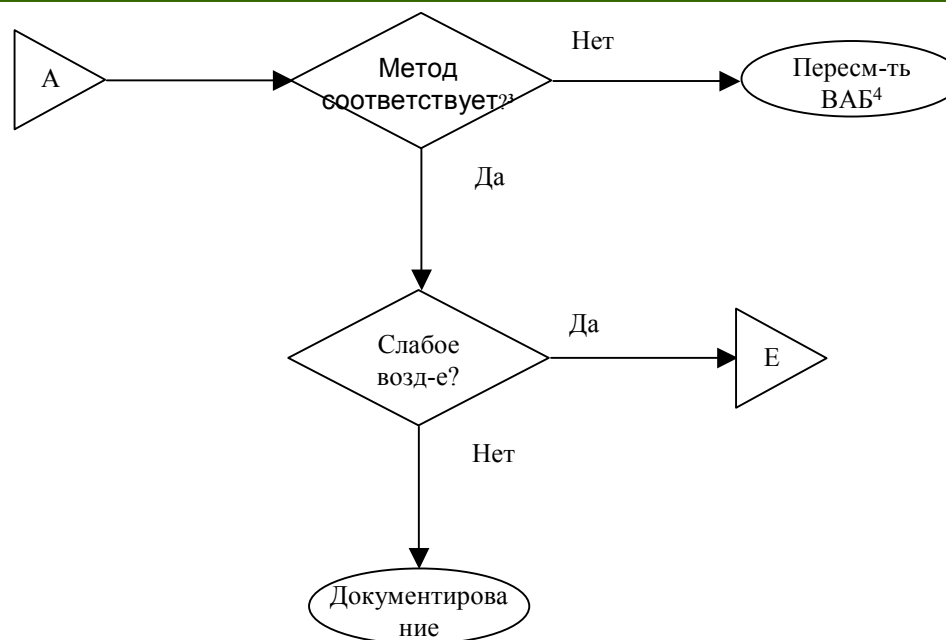


## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС



Пояснение  
2. Требуется консультация с техническими советниками.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС



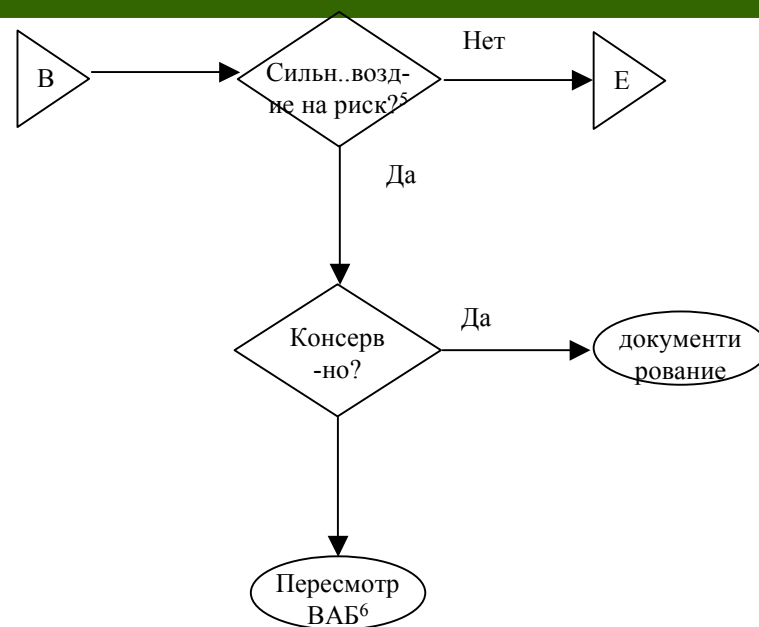
### Пояснение

3. Методы процедурного руководства считаются подходящими, если они успешно были применены к подобным ситуациям в других ВАБ, или если они являются консервативными.

4. Если в процедурном руководстве имеется ошибка, то требуется следующий пересмотр ВАБ ЮУ АЭС:

- исправление методологии;
- Применение правильной методологии к модели ВАБ; и
- Количественная оценка риска.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС



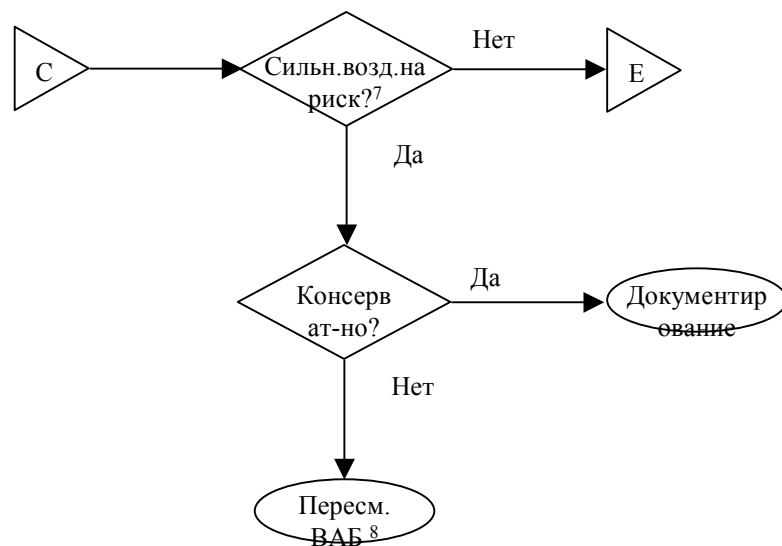
### Пояснение

5. Воздействие не считается сильным, если величины риска, указанные в ВАБ ЮУ АЭС 1 уровня, меняются меньше, чем неопределенность.

6. Пересмотр ВАБ ЮУ АЭС в случае неправильного применения процедурного руководства требует:

- применение методологии, определенной процедурным руководством по проекту; и
- проведение количественной оценки риска.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС



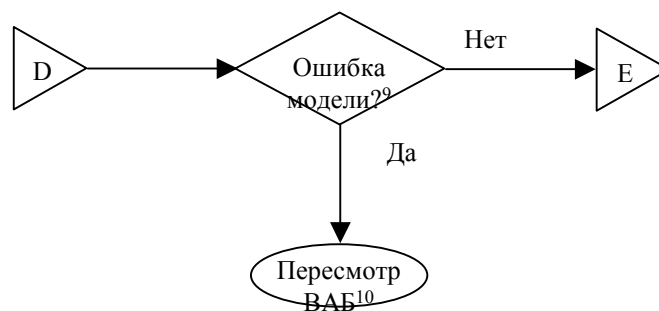
### Пояснение

7. Воздействие не считается сильным, если величины риска, указанные в ВАБ ЮУ АЭС 1 уровня, меняются меньше, чем приведенные в отчете неопределенности.

8. В случае неправильного упрощения, для пересмотра ВАБ ЮУ АЭС требуется:

- исправление упрощения; и
- проведение количественной оценки риска.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС



### Пояснение

9. Отмечается ошибка моделирования, если модель ВАБ отличается от действующей конфигурации или практики эксплуатации блока 1 ЮУ АЭС.

10. При наличии ошибки производится пересмотр ВАБ ЮУ АЭС, для чего требуется:

- исправление ошибки; и
- выполнение количественной оценки риска.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- По вышеприведенной методологии на совещании были рассмотрены 23 вопроса, отражающие возникшие разногласия с командой независимой проверки.
- При рассмотрении были проанализированы подходы команды ВАБ, которые были признаны в основном консервативными и соответствующими основным целям выполненного ВАБ. По отдельным вопросам, предполагающим потенциальное влияние на результаты были выполнены анализы значимости.
- Анализ значимости выполнялся рабочими группами состоящими из представителей команды независимой проверки, команды ВАБ, технических экспертов США, представителей ЮИТЛ и ЮУ АЭС.
- Результаты анализов показали низкую значимость всех рассмотренных вопросов. Однако, была отмечена необходимость доработки документации, которая позволила бы более ясно понимать принимаемые допущения.
- Оставшиеся для анализа значимости вопросы были зафиксированы в протоколе и будут проанализированы в рабочем порядке.
- Вопросы, по которым не было достигнуто согласия будут отмечены в финальном отчете по независимой проверке.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

- Независимая проверка ВАБ показала:
  - Выполненный ВАБ энергоблока №1 соответствует цели с которой он разрабатывался – выполнение консервативного анализа для разработки ОАБ в рамках процесса лицензирования.
  - Данный ВАБ является одним из наиболее детальных ВАБ, выполненных для ВВЭР. Объем анализа достаточно всеохватывающий во многих областях, однако процесс обеспечения качества документации еще не полностью завершен;
  - Выполнение ВАБ пожаров и затоплений решит вопроса учета всех зависимых отказов и таким образом повысит представительность результатов;
  - Изменения, которые предполагается внести в модель в результате независимой проверки не будут оказывать существенного влияния на профиль риска энергоблока(за исключением замечаний, указанных на слайде №14);
  - Для решения задач, связанных с мониторингом риска, требуется дополнение и обновление ВАБ, более подробное моделирование технологических особенностей эксплуатации энергоблока и устранение излишнего консерватизма;
  - Выполнение независимой проверки оказало позитивное влияние на уровень понимания станцией конечных результатов и перспектив развития технологии ВАБ. Фактически эта проверка заложила основу для развития ВАБ в направлении мониторинга риска эксплуатации, так как отмеченные в результатах проверки консервативные упрощения позволят в будущем пересмотреть поднятые вопросы, с целью их более реалистичного моделирования.

## Независимая проверка ВАБ Энергоблока №1 ЮУ АЭС

### Литература:

1. Отчет МАГАТЭ по миссии IPSART(проверка ВАБ энергоблока №1 ЮУ АЭС, апрель 2000г);
2. Результаты государственной экспертизы ВАБ;
3. Финальный отчет по ВАБ энергоблока №1 ЮУ АЭС;
4. Материалы по независимой проверке(отчеты ET&D);
5. Предварительный отчет GRS по независимой проверке;
6. Отчеты ЮИТЛ по независимой проверке;
7. Протокол совещания по разрешению разногласий 11-16 марта 2002г(проект).