

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК- ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К РЕГУЛИРОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Г.Г. Балакан, А.Ю. Проходцев

В начале 2002, по ряду причин, на ЮУАЭС возникла необходимость в проведении оценок безопасности, общей целью которых является получение информации о возможном изменении профиля и величины риска повреждения активной зоны, в случае проведения мероприятий, направленных на повышение безопасности энергоблока, а также в результате повышения реализма моделирования. В числе таких причин следующие:

- окончание независимой и государственной экспертиз ВАБ, дающее рекомендации по улучшению модели и подтверждающее высокий уровень качества и детальности проведенного ВАБ на ЮУАЭС;
- отсутствие практики применения обоснованных количественных критериев оценки предлагаемых реконструкций и модернизаций, с точки зрения влияния на безопасность;
- постепенное изменение данных по системам АЭС по сравнению с исходным состоянием для ВАБ ЮУАЭС (1997г.).

Подход, предлагаемый МАГАТЭ [1] предусматривает, что ВАБ «жизненного цикла» (Living PSA, LPSA) следует пересматривать и обновлять так часто, как в этом возникает необходимость, чтобы обеспечить приемлемое соответствие модели и текущего состояния АЭС. При этом непрерывное обновление LPSA не представляется практичным в силу сложности контроля изменений, документации и требующихся для этого затрат.

Кроме того, следует незамедлительно вносить изменения в существующие вероятностные модели в случаях:

- изменения проекта,
- обновления или изменения документации,
- пересмотра процедур,
- изменений в эксплуатационной практике
- и в случае прочих изменений, непосредственно влияющих на результаты ВАБ.

Однако, даже в том случае, если никаких из вышеперечисленных изменений не происходит длительное время, все же предлагается проводить ревизирование процесса обновления LPSA каждые три года.

В вероятностной модели изменения могут быть внесены в

- логику деревьев отказов и событий
- параметры базовых событий
- критерии успеха
- конечные состояния

После внесения соответствующих изменений в вероятностную модель, ее подвергают количественной оценке, результаты которой интерпретируются соответствующим образом.

Далее, задачи управления вероятностными показателями риска были выбраны следующим образом:

1. Выяснения излишне консервативных допущений в моделировании энергоблока;
2. Устранения обнаруженных в ходе независимой партнерской проверки и проверки миссией МАГАТЭ недостатков моделирования;

В итоге работы, был проведен анализ чувствительности вероятностной модели к вводу в действие организационно-технических мероприятий, нацеленных на снижение риска от наиболее потенциально важных вкладчиков.

В ходе этого анализа:

1. Был обнаружен значительный консерватизм в оценке значимости некоторых ИСА;
2. Предложен ряд организационных и технических мероприятий способных нейтрализовать доминирующие минимальные сечения в наиболее значимых АП;
3. Некоторые наиболее существенные замечания к моделированию были устранены;
4. Расчеты подтвердили снижение величины потенциального риска в результате более реалистичного моделирования и комплекса мер по управлению риском.
5. В результате характер профиля риска принял более сбалансированный характер.

Согласно рекомендации МАГАТЭ, профиль риска АЭС сбалансирован, если нет исходных событий, аварийных последовательностей, системных отказов по общей причине, ошибок персонала или внешних факторов, имеющих вклад более 10% от общей частоты повреждения активной зоны в целом или частоты тяжелых выбросов вне промплощадки, при вероятности повреждения активной зоны за реакторный год не более 10^{-4} .

Результаты ВАБ 1 для блока малой серии ЮУ АЭС позволяют сделать вывод о том, что если с вероятностью повреждения активной зоны $1.51 \cdot 10^{-4}$ событий в год мы близки к рекомендованному МАГАТЭ значению для действующих АЭС, то в отношении профиля риска блока малой серии имеют значительную несбалансированность.

Результаты вероятностного анализа показывают, что среди 811 аварийных последовательностей, только 10 АП являются доминантными и составляют 72% от полного спектра частотных вкладчиков в повреждение активной зоны (таблица 3), при этом самый значимый вкладчик имеет влияние 35%, а минимальный 0.5%, остальные 801 АП составляют только 28% при максимальном вкладе менее 0.5% от общей частоты повреждения активной зоны реактора.

Важным для ЮУ АЭС является применение такой концепции, в соответствии с которой оптимизируются затраты на поддержание и повышение безопасной эксплуатации АЭС и определяются основные составляющие дефицита безопасности и их приоритетность.

Как первый шаг в этом направлении вероятностная модель энергоблока, например, может быть использована для качественной и количественной переоценки проблем безопасности, поставленных в документах МАГАТЭ, по определению проблем безопасности для блоков малой серии. Позиция Южно-Украинской АЭС в отношении этих проблем была изложена концептуально в долговременной программе повышения безопасности, которая только лишь закрепила рекомендации МАГАТЭ, т.к. базировалась исключительно на инженерно-экспертных оценках, детерминистическом анализе безопасности и эксплуатационном опыте, не учитывая фактический вклад предложенных мероприятий в количественные показатели целостности физических барьеров безопасности АЭС. Однако сегодня, по результатам ВАБ и АПА, мы принципиально пересматриваем основные положения этой программы и предлагаем концепцию сбалансированного повышения безопасности РУ.

Анализируя перечень приоритетных мероприятий по повышению безопасности энергоблоков малой серии, а также мероприятия, которые уже выполнены или находятся в стадии выполнения, приходится констатировать, что иногда мы “повышали” безопасность там, где ее возможно и необходимо только поддерживать и не повышали, а иногда способствовали ее значительному понижению в той области, где ее необходимо и возможно было повышать.

Сегодня сложилось понимание того, что программа МАГАТЭ, даже при ее полном выполнении, не сможет решить самых значимых проблем для блока малой серии ЮУ АЭС. Основная причина этого состоит в том, что мы стали заложниками инженерно-экспертных оценок, построенных на опыте ошибок, которые мы и другие накопили к моменту формирования самой программы, а этот опыт показывал только очень узкий спектр значимых проблем безопасности, не углубляясь в которые аналитическими методами ВАБ нельзя правильно оценить и взвесить все составляющие безопасности энергоблока.

ВАБ первого уровня это только первый этап вероятностного анализа и мы уже начали сбор базы данных для проекта вероятностного анализа по внутренним и внешним опасностям. Учитывая мировой опыт анализа внутренних и внешних опасностей, а также увеличение риска в связи с анализом ВАБ второго уровня, ожидается, выявление новых потенциальных вкладчиков в частоту повреждения активной зоны. Следовательно, нам сегодня надо думать, как блокам малой серии достичь снижения ЧПАЗ для внутренних исходных событий и как достичь сбалансированного по безопасности результата.

В Таблицах 1-3 и на Рис. 1-9 представлены

- результаты анализа ВАБ первого уровня,
- количественная оценка уменьшения влияния доминантных вкладчиков,
- а также перечень основных практических мероприятий по повышению безопасности, с указанием относительно их влияния на снижение частоты повреждения активной зоны реактора, с целью минимизации финансовых затрат относительно максимально-возможного и сбалансированного снижения частот повреждения активной зоны реакторов малой серии.

В Таблице №1 представлены данные по частотам повреждения активной зоны реактора для базового варианта ВАБ по текущему состоянию безопасности энергоблока №1.

Таблица 1. Частота повреждения активной зоны (вклад ИСА)

№	ИСА	Условная вероятность	Частота ИСА	ЧПАЗ	% от группы ИСА	% от ЧПАЗ
Аварии с потерей теплоносителя						
	A “Большие течи 1 контура”	6.594E-002	3.00E-04	1.977E-05	24.2%	13.1%
	S1 “Средние течи 1 контура”	4.199E-03	1.26E-04	5.242E-07	0.6%	0.3%
	S2 “Малые некомпенсируемые течи 1 контура (Ду30-50 мм)”	3.675E-03	1.07E-03	3.927E-06	4.8%	2.6%
	S3 “Малые течи 1 контура (Ду 14-30 мм), компенсируемые системами ТК и ТТ”	1.288E-03	3.00E-03	3.841E-06	4.7%	2.5%
	S4 “Малые течи 1 контура (Ду <14 мм), компенсируемые системой ТК”	2.193E-04	2.45E-01	5.367E-05	65.7%	35.4%
ЧПАЗ, для аварий с потерей теплоносителя:				8.173E-05	100%	54.0%
Переходные процессы						
	T1 “Потеря электроснабжения от всех секций 6 кВ собственных нужд”	1.572E-03	1.00E-02	1.570E-05	38.0%	10.4%
	T2 “Полная потеря основной питательной воды в результате разрыва / течи линии подпитки ПГ”	8.446E-04	5.00E-03	4.221E-06	10.2%	2.8%
	T31 “Переходные процессы, ведущие к срабатыванию АЗ”	9.006E-06	1.33	1.198E-05	29.0%	7.9%
	T32 “Потеря вакуума конденсаторов турбин”	7.761E-05	1.22E-01	9.463E-06	22.9%	6.2%
Всего, для переходных процессов:				4.136E-05	100%	27.3%
Специальные инициаторы						
	T41 “Малая течь 1 контура во 2 по ПГ”	1.983E-04	4.550E-02	8.983E-06	31.7%	5.9%
	T42 “Средняя течь 1 контура во 2 по ПГ”	8.039E-03	2.000E-03	1.607E-05	56.6%	10.6%

№	ИСА	Условная вероятность	Частота ИСА	ЧПАЗ	% от группы ИСА	% от ЧПАЗ
	T5/T7 "Разрыв трубопроводов питательной воды / пара в пределах ГО"	1.724E-04	7.100E-03	1.222E-06	4.3%	0.8%
	T61 "Неизолируемый разрыв паропровода за пределами ГО между ПГ и БЗОК"	1.275E-05	5.800E-03	7.119E-08	0.3%	0.0%
	T62 "Изолируемый разрыв паропроводов за пределами"	4.592E-03	4.400E-04	2.021E-06	7.1%	1.3%
	V "Неизолируемые течи 1 контура за пределы ГО в системе продувки-подпитки"	1.404E-02	3.640E-07	5.064E-09	0.02%	0.003%
Всего, для специальных инициаторов:				2.837E-05	100%	18.7%
Итого:				1.515E-004	100%	

В таблице №2 представлены доминантные аварийные последовательности, которые вносят основной вклад в повреждение активной зоны реактора.

Таблица 2. Доминантные аварийные последовательности

№	Код АП	Краткое Описание	ЧПАЗ	% от ЧПАЗ
1.	S4-02	Малая течь, компенсируемая системой ТК с отказом одного канала САОЗ НД(или ТК) в режиме подпитки и одного канала САОЗ НД в режиме расхолаживания	2.930E-05	19.34%
2.	S4-04	Малая течь, компенсируемая системой ТК с отказом ВПЭН+БРУ-К, АПЭН+БРУ-А)	2.004E-05	13.23%
3.	A-2	Большая течь первого контура с отказом САОЗ НД	1.967E-05	12.99%
4.	T32-9	Потеря вакуума конденсатора турбины с отказом подпитки ПГ от АПЭН	8.640E-06	5.70%
5.	T31-13	Переходные процессы, ведущие к срабатыванию АЗ-1 с отказом систем аварийного ввода бора.	7.089E-06	4.68%
6.	T42-36	Средняя течь из первого контура во второй по ПГ с отказом изоляции аварийного ПГ по питательной воде или ГЗЗ.	6.624E-06	4.37%
7.	T1-09	Потеря электроснабжения секций бкв собственных нужд с отказом систем аварийного ввода бора.	5.214E-06	3.44%
8.	T42-05-09	Средняя течь из первого контура во второй по ПГ с отказом прекращения работы САОЗ ВД(действия оператора).	4.138E-06	2.73%
9.	T42-04	Средняя течь из первого контура во второй по ПГ с отказом перевода РУ в режим расхолаживания(действия оператора)	4.013E-06	2.65%
10.	T41-03	Малая течь из первого контура во второй по ПГ с отказом перевода РУ в режим расхолаживания(оператор)	3.837E-06	2.53%
Итого:			1.086E-04	71.68%

На Рисунках 1-8 показаны

- базовый вариант распределения вкладчиков в ЧПАЗ,
- оценка возможного влияния ошибок, выявленных в ходе независимой проверки ВАБ,
- а также самые значимые реконструктивные и организационно технические мероприятия по снижению частот повреждения активной зоны реактора и общей вероятности повреждения активной зоны реактора.

На Рис 9 представлены изменения частоты повреждения активной зоны реактора при моделировании на модели ВАБ основных мероприятий сбалансированного снижения частотных вкладчиков в повреждение активной зоны реактора

Профиль распределения основных вкладчиков в повреждение активной зоны реактора, позволяет выделить основные направления финансовых и инженерно-технических усилий, которые окажут значительное влияние на повышение безопасности РУ с позиции снижения риска повреждения активной зоны реактора и в качестве основных мы выделяем следующие мероприятия:

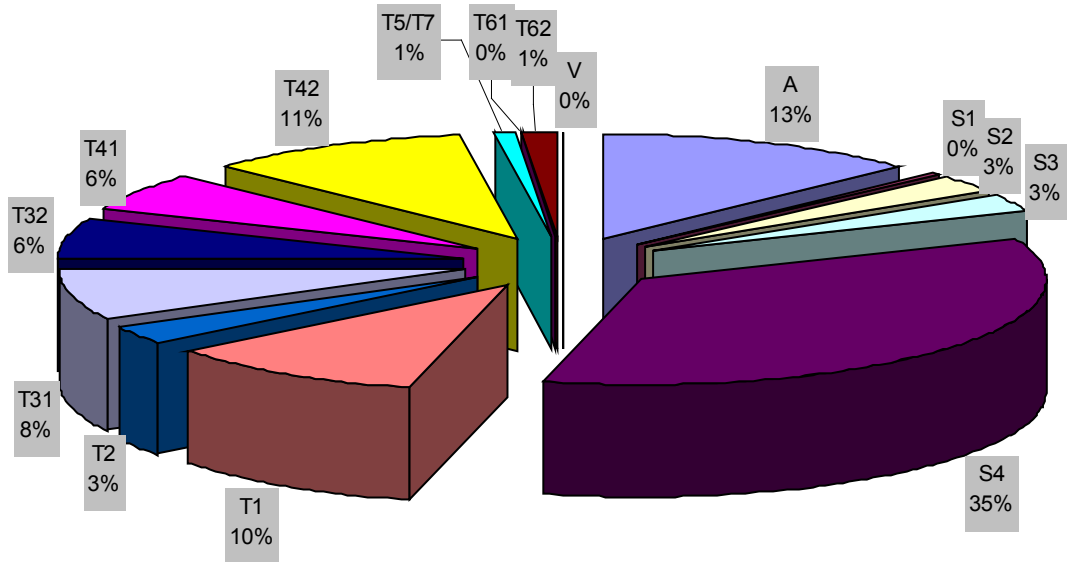
- кассетная теплоизоляция оборудования ГО, реконструкция приемных устройств и защита прямка САОЗ НД;

- внедрение аналитически-обоснованных СОАИ, руководства по управлению запроектной аварией основанного не на событиях а на нарушениях пределов и критических функций безопасности, изменение четырех базовых положений по разрешающим условиям начала и расхолаживания РУ в режимах течей теплоносителя 1 контура- изменения ИЛА и ТРБЭ, внедрение в промышленную эксплуатацию SPDS(выполнено, получено разрешение ГКЯРУ на промышленную эксплуатацию SDDS блоков №1 и №2, в мае 2002 г будет получено разрешение для блока №3 ЮУ АЭС);
- введение ПМТ(выполнено, на АЭС два ПМТ);
- Установка дроссельного пакета на САОЗ ВД, установка трех баков САОЗ ВД и работа САОЗ ВД с прямка;
- Введение блокировки АПЭН на автоматическую подачу воды на ПГ, автоматическая локализация ПГ от АПЭН при неуправляемом расхолаживании по второму контуру ПГ;
- Надежное питание ВПЭН, надежное питание НБЗК;
- Вывод с БЩУ блокировок на принудительное закрытие БРУ-А,
- Диагностика парогазовых пустот в корпусе реактора(реализовано в SPDS расчетными способами через штатный уровнемер контроля уровня разуплотненного реактора);
- Диагностика оголения активной зоны реактора и контроль перегрева теплоносителя до 1000°C и надежный к заливу ТК верхний блок, а также работа ТС в условиях до 150°C (последнее реализовано в рамках SPDS на трех энергоблоках).
- Вывод ключом с БЩУ блокировки для перевода САОЗ ВД на рециркуляцию, для исключения потери теплоносителя через ИПУ ПГ или БРУ-А при течи 1 контура в ПГ, а также для исключения термошока в режиме аварийного расхолаживания и при избыточном числе работающих САОЗ ВД;
- Введение ключа полного перевода на рециркуляцию избыточных САОЗ НД и спринклерных систем, для сохранения запаса в баках САОЗ НД и сохранения проходимости прямков ГО;
- Вывод с БЩУ ключом блокировки на закрытие напорных арматур на насосах ПТ-6, для обеспечения впрыска бора при несрабатывании аварийной защиты;
- Прекратить практику отбрасывания от арматур планового расхолаживания 1 контура силового питания;
- Изменение ТЗ на запуск СБ и локализацию ГО по примеру серийного энергоблока –запас до насыщения не менее 10°C;
- Диагностика течи теплоносителя 1 контура во второй.
- Введение второго комплекта АЗТП;
- Замена ИПУ ПГ и БРУ-А на работающие на пароводяной смеси;
- Замена ИПУ КД на работающие в режиме F&B в широком диапазоне давлений;
- Введение общестанционного ДГ, внедрение общестанционной SPDS и центра технической поддержки на площадке АЭС, введение инженера по оперативному контролю безопасности, на базе общестанционных источников ИВС и общестанционной SPDS;
- Выполнить ВАБ 1 уровня и АПА(выполнено);
- Выполнить ВАБ по внутренним и внешним опасностям, ВАБ второго уровня и анализ запроектных аварий (планируется);
- Внедрить систему Риск-Мониторинга.

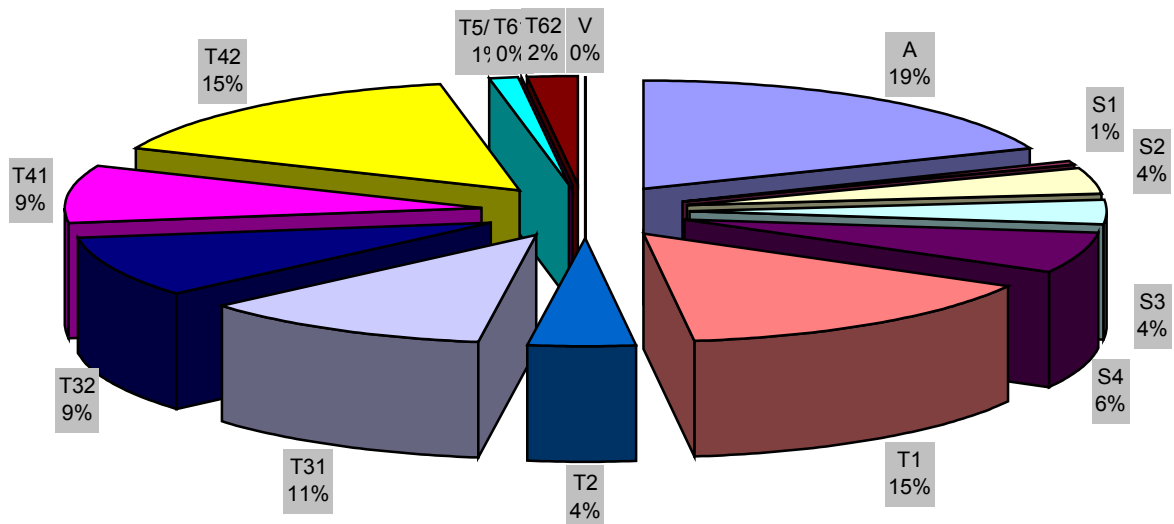
Таблица 3 Вероятностные расчеты моделирования выбора и влияния мероприятий повышения безопасности на сбалансированное снижение частот повреждения активной зоны.

Код	Наименование ИСА	Условная вероятность	Частота ИСА	ЧПАЗ	% от группы ИСА	% от ЧПАЗ	ЧПАЗ (вариант1)		ЧПАЗ (вариант2)		ЧПАЗ (вариант3)		ЧПАЗ (вариант4)		ЧПАЗ (вариант5)		ЧПАЗ (вариант6)		ЧПАЗ (вариант7)	
A	A "Большие течи 1 контура"	6.59E-02	3.00E-04	1.98E-05	24.20%	13.10%	1.98E-05	18.97%	2.78E-04	74.29%	2.90E-06	3.28%	2.90E-06	3.81%	2.90E-06	4.09%	2.90E-06	4.88%	2.90E-06	6.46%
S1	S1 "Средние течи 1 контура"	4.20E-03	1.26E-04	5.24E-07	0.60%	0.30%	5.24E-07	0.50%	1.21E-05	3.25%	1.65E-06	1.86%	1.65E-06	2.17%	1.65E-06	2.33%	1.65E-06	2.77%	1.60E-06	3.56%
S2	S2 "Малые некомпенсируемые течи 1 контура (Ду30-50 мм)"	3.68E-03	1.07E-03	3.93E-06	4.80%	2.60%	3.93E-06	3.77%	3.93E-06	1.05%	3.93E-06	4.44%	3.93E-06	5.16%	3.93E-06	5.54%	3.93E-06	6.61%	3.50E-06	7.80%
S3	S3 "Малые течи 1 контура (Ду 14-30 мм), компенсируемые системами ТК и ТГ"	1.29E-03	3.00E-03	3.84E-06	4.70%	2.50%	3.84E-06	3.69%	3.84E-06	1.03%	3.84E-06	4.34%	3.84E-06	5.05%	3.84E-06	5.42%	3.84E-06	6.46%	3.34E-06	7.44%
S4	S4 "Малые течи 1 контура (Ду <14 мм), компенсируемые системой ТК"	2.19E-04	2.45E-01	5.37E-05	65.70%	35.40%	6.40E-06	6.14%	6.40E-06	1.71%	6.40E-06	7.24%	6.40E-06	8.41%	6.40E-06	9.02%	6.40E-06	10.77%	3.00E-06	6.68%
T1	T1 "Потеря электроснабжения от всех секций 6 кВ собственных нужд"	1.57E-03	1.00E-02	1.57E-05	38.00%	10.40%	1.57E-05	15.07%	1.57E-05	4.20%	1.57E-05	17.75%	7.30E-06	9.59%	7.30E-06	10.29%	7.30E-06	12.28%	4.50E-06	10.03%
T2	T2 "Полная потеря основной питательной воды в результате разрыва / течи линии подпитки ПГ"	8.45E-04	5.00E-03	4.22E-06	10.20%	2.80%	4.22E-06	4.05%	4.22E-06	1.13%	4.22E-06	4.77%	4.22E-06	5.55%	4.22E-06	5.95%	4.22E-06	7.10%	2.22E-06	4.95%
T31	T31 "Переходные процессы, ведущие к срабатыванию АЗ"	9.01E-06	01,01,1933	1.20E-05	29.00%	7.90%	1.20E-05	11.50%	1.20E-05	3.21%	1.20E-05	13.54%	1.20E-05	15.74%	1.20E-05	16.89%	7.31E-06	12.30%	5.00E-06	11.14%
T32	T32 "Потеря вакуума конденсаторов турбин"	7.76E-05	1.22E-01	9.46E-06	22.90%	6.20%	9.46E-06	9.08%	9.46E-06	2.53%	9.46E-06	10.70%	5.50E-06	7.23%	5.50E-06	7.76%	5.50E-06	9.26%	5.00E-06	11.14%
T41	T41 "Малая течь 1 контура во 2 по ПГ"	1.98E-04	4.55E-02	8.98E-06	31.70%	5.90%	8.98E-06	8.62%	8.98E-06	2.40%	8.98E-06	10.16%	8.98E-06	11.81%	8.98E-06	12.67%	5.26E-06	8.85%	4.50E-06	10.03%
T42	T42 "Средняя течь 1 контура во 2 по ПГ"	8.04E-03	2.00E-03	1.61E-05	56.60%	10.60%	1.61E-05	15.42%	1.61E-05	4.30%	1.61E-05	18.17%	1.61E-05	21.12%	1.09E-05	15.37%	7.80E-06	13.13%	6.00E-06	13.37%
T5/T7	T5/T7 "Разрыв трубопроводов питательной воды / пара в пределах ГО"	1.72E-04	7.10E-03	1.22E-06	4.30%	0.80%	1.22E-06	1.17%	1.22E-06	0.33%	1.22E-06	1.38%	1.22E-06	1.61%	1.22E-06	1.72%	1.22E-06	2.06%	1.22E-06	2.72%
T61	T61 "Неизолируемый разрыв паропровода за пределами ГО между ПГ и БЗОК"	1.28E-05	5.80E-03	7.12E-08	0.30%	0.00%	7.12E-08	0.07%	7.12E-08	0.02%	7.12E-08	0.08%	7.12E-08	0.09%	7.12E-08	0.10%	7.12E-08	0.12%	7.12E-08	0.16%
T62	T62 "Изолируемый разрыв паропроводов за пределами"	4.59E-03	4.40E-04	2.02E-06	7.10%	1.30%	2.02E-06	1.94%	2.02E-06	0.54%	2.02E-06	2.28%	2.02E-06	2.66%	2.02E-06	2.85%	2.02E-06	3.40%	2.02E-06	4.50%
V	V "Неизолируемые течи 1 контура за пределы ГО в системе продувки-подпитки"	1.40E-02	3.64E-07	5.06E-09	0.02%	0.00%	5.06E-09	0.00%	5.06E-09	0.00%	5.06E-09	0.01%	5.06E-09	0.01%	5.06E-09	0.01%	5.06E-09	0.01%	5.06E-09	0.01%
				1.51E-04	99.80%	1.04E-04	100.00%	3.74E-04	100.00%	8.85E-05	100.00%	7.61E-05	100.00%	7.09E-05	100.00%	5.94E-05	100.00%	4.49E-05	100.00%	

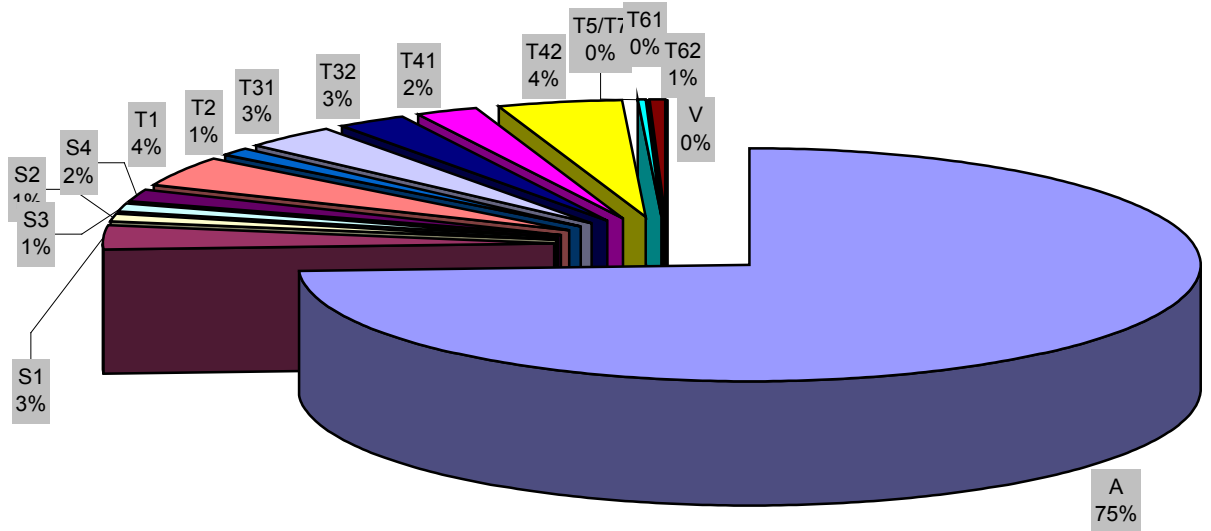
**Рис 1 Частотные вкладчики повреждения активной зоны
Базовый вариант ВАБ ЮУАЭС-1**



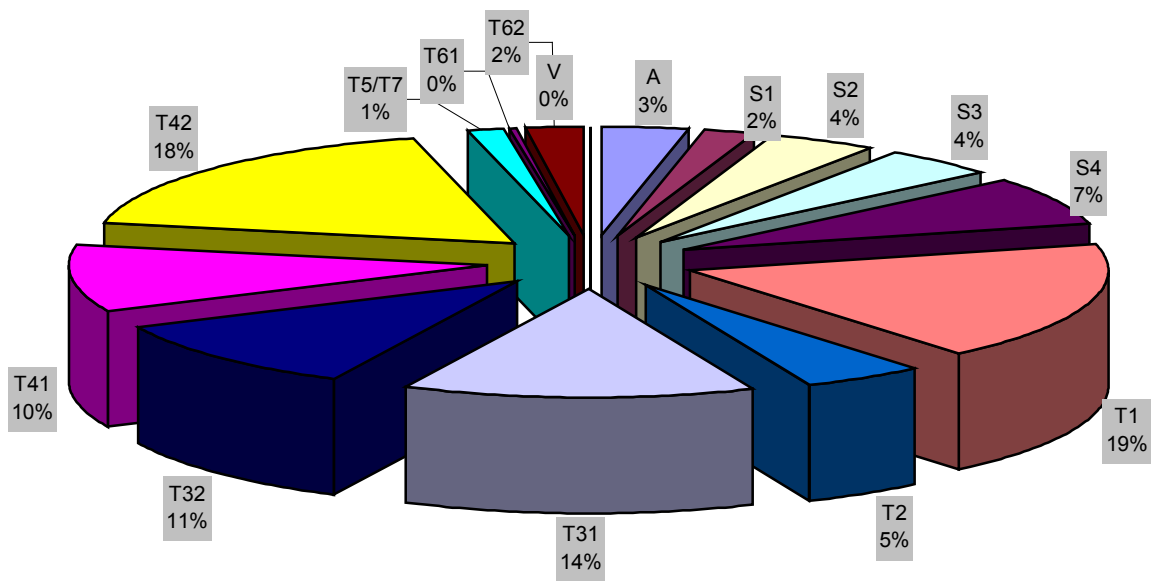
**Рис 2 Частотные вкладчики повреждения активной зоны
Вариант 1
Устранение избыточной консервативности допущений об ошибках персонала по компенсации подпитки от ТК и вводу борной кислоты, уточнение частоты ИСА (S4).**



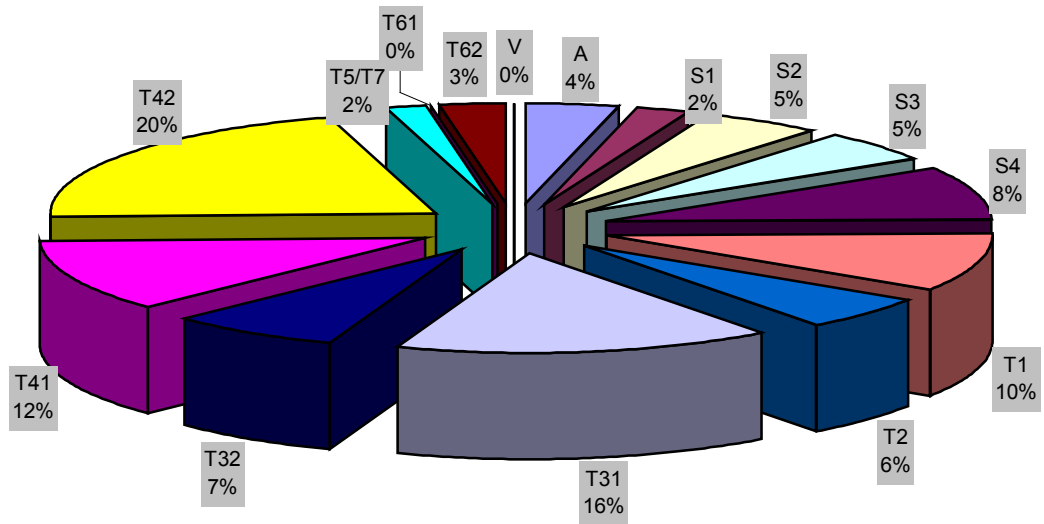
**Рис 3 Частотные вкладчики повреждения активной зоны
Вариант 2**
Увеличен вклад больших течей в результате забивания прямиков теплоизоляции с 100 (1-й ЮУ АЭС) до 925 (гипотеза НВАЭС) на 1000 случаев средних и больших течей.



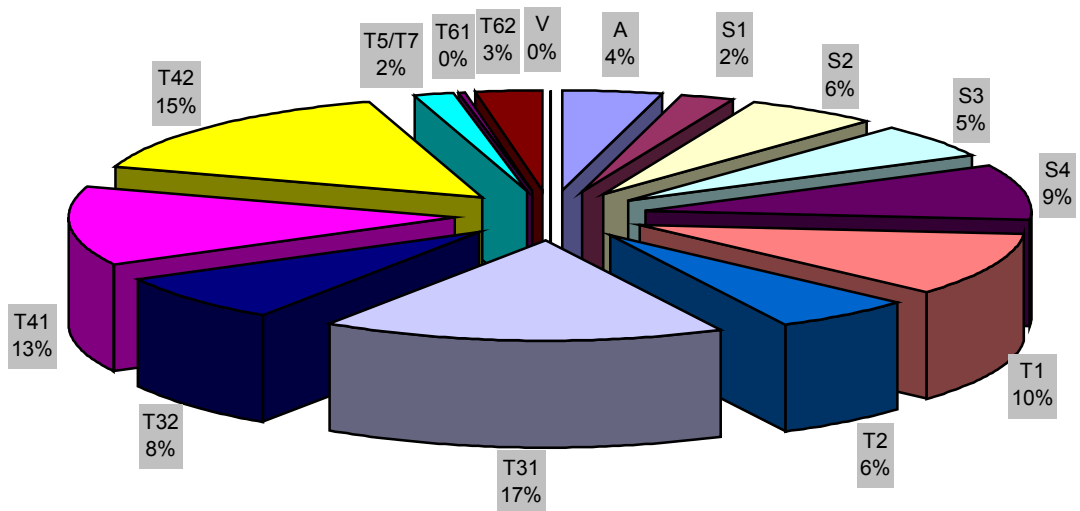
**Рис 4 Частотные вкладчики повреждения активной зоны
Вариант 3**
Установка кассетной теплоизоляции оборудования РУ в гермооболочке.
Вероятности отказов прямиков снижены до европейского уровня.



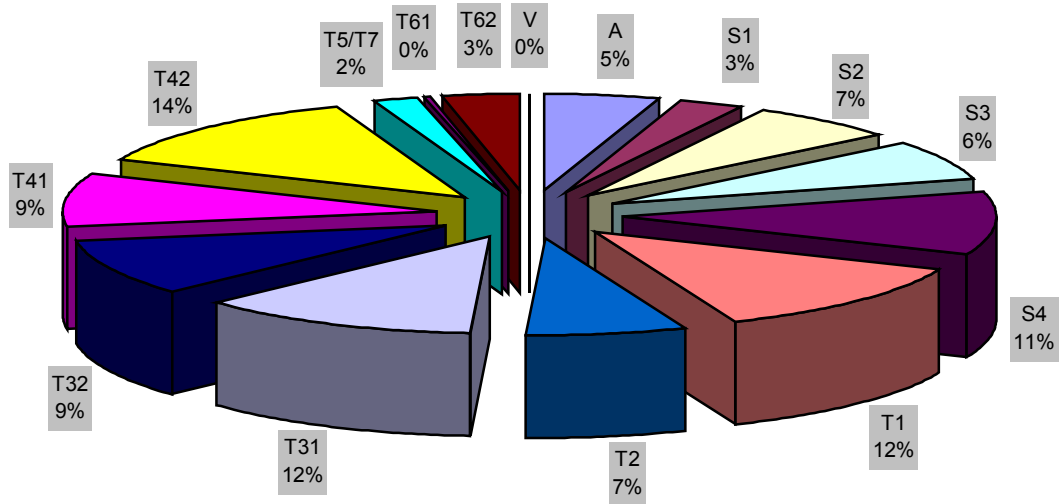
**Рис 5 Частотные вкладыши а повреждение активной зоны. Вариант 4
Введена автоматическая подача воды от АПЭН на ПГ .**



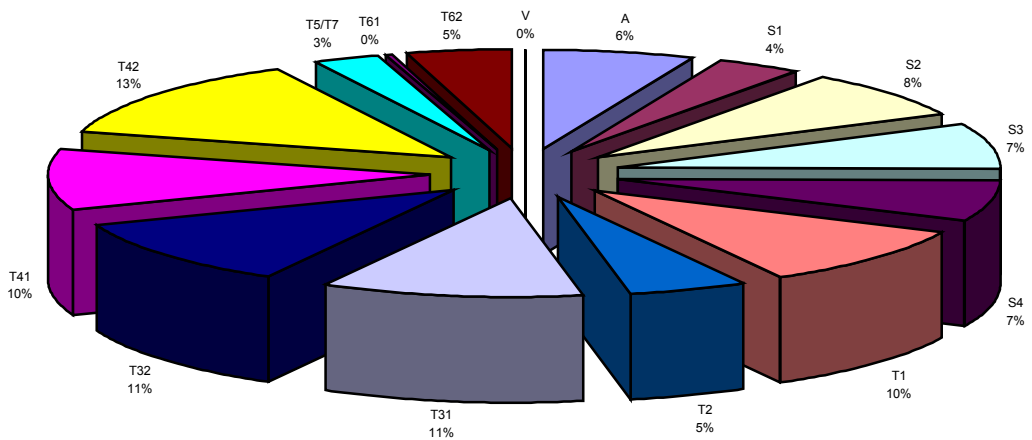
**Рис 6 Частотные вкладыши в повреждение активной зоны. Вариант 5
Введено надежное питание ВПЭН, блокировки на закрытие БРУ -А выводятся с БЩУ.**



**Рис 7 Частотные вкладчики в повреждение активной зоны . Вариант 6
Выведена блокировка на закрытие напорной арматуры на ПТ-6 по 163 ати**



**Рис 8 Частотные вкладчики в повреждение активной зоны сбалансированной РУ
Два комплекта АЗТП
Установлен дроссельный пакет на напоре САОЗ ВД и обеспечивается работа с прямка ГО
Заменены ПГ на новые
Новая ИЛА
Введен общестанционный ДГ**



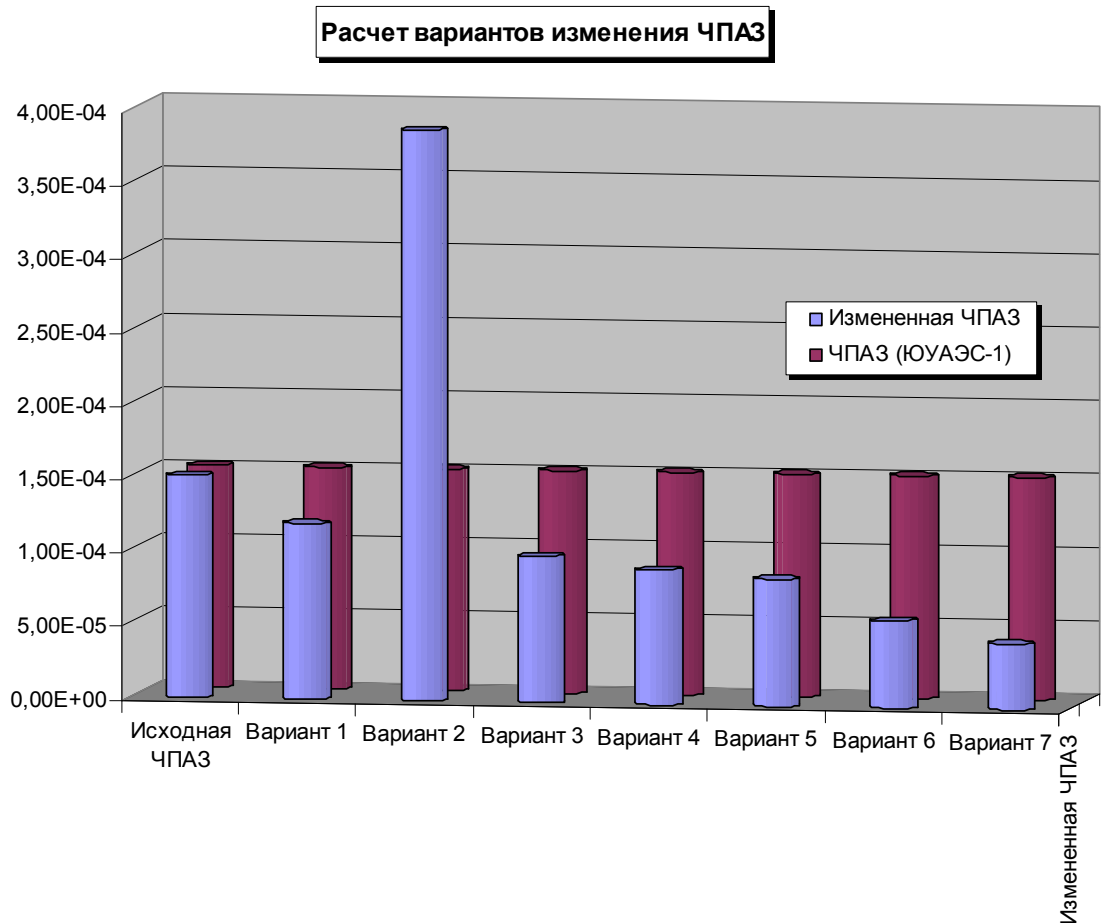


Рис 9 Изменение ЧПАЗ блока малой серии В-302 при моделировании на модели ВАБ мероприятий сбалансированного снижения частот повреждения активной зоны реактора.

Литература.

1. IAEA-TECDOC 1200, "Applications of Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Nuclear Power Plants," Vienna, 2001.
2. НП 306.1.02 / 1.034-2000 "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций", Киев, 2000.
3. Проект углубленного анализа безопасности энергоблока №1 ЮУАЭС. Итоговый отчет по ВАБ 1 уровня для внутренних исходных событий аварии, 1D580DL11R.DOC, Киев, 1998.