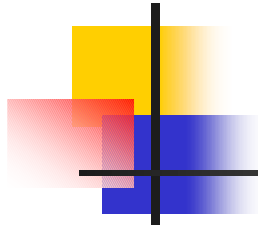


ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК- ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К РЕГУЛИРОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

6 Международный форум по обмену информацией. АЭС с реакторами
ВВЭР и РБМК

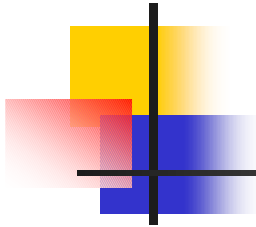
А.Ю. Проходцев, Г.Г. Балакан



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 моделей.

В числе таких причин следующие:

- окончание независимой и государственной экспертиз ВАБ, давших рекомендации по улучшению моделей и подтвердивших 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.).

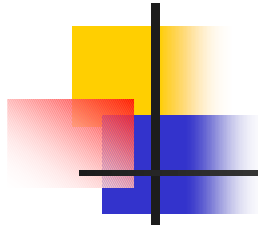


Подход, предлагаемый МАГАТЭ [1] предусматривает, что ВАБ «жизненного цикла» (Living PSA, LPSA) следует пересматривать и обновлять так часто, как в этом возникает необходимость, чтобы обеспечить приемлемое соответствие модели и текущего состояния АЭС. При этом непрерывное обновление LPSA не представляется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

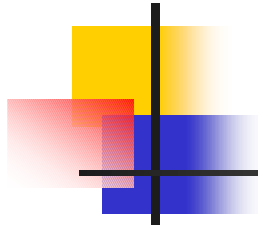
Однако, даже в том случае, если никаких из вышеперечисленных изменений не происходит длительное время, все же предлагается проводить ревизирование процесса обновления LPSA каждые три года.



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.

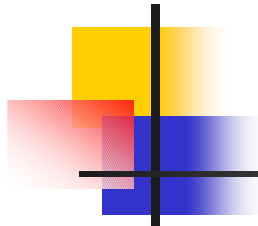


Дополнительно для уменьшения консерватизма и повышения адекватности моделирования службой инженерно-технической поддержки были определены задачи:

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

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

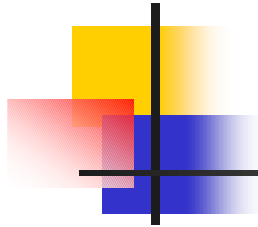
- Определение возможных путей воздействия на доминирующие аварийные последовательности, с целью снижения их вклада;
- Построение новых "профилей риска" с целью отразить характер и степень влияния предлагаемых улучшений модели.



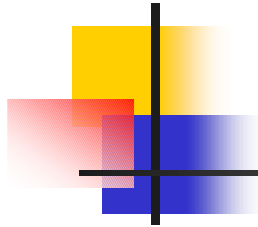
В итоге работы, был проведен анализ чувствительности вероятностной модели к вводу в действие организационно-технических мероприятий, нацеленных на снижение риска от наиболее потенциально важных вкладчиков.

В ходе этого анализа:

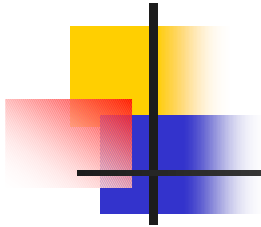
- Был обнаружен значительный консерватизм в оценке значимости некоторых ИСА;
- Предложен ряд организационных и технических мероприятий способных нейтрализовать доминирующие минимальные сечения в наиболее значимых АП;
- Некоторые наиболее существенные замечания к моделированию были устранены;
- Расчеты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



- Результаты вероятностного анализа показывают, что среди 811 значимых аварийных последовательностей ВАБ ЮУАЭС, только 10 АП являются доминантными и составляют 72% от полного спектра частотных вкладчиков в повреждение активной зоны (таблица 2), при этом самый значимый вкладчик имеет влияние 35%, а минимальный 0.5%, остальные 801 АП составляют только 28% при максимальном вкладчике 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.



- 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 блоков «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 не весь спектр значимых проблем безопасности, не углубляясь в которые аналитическими методами ВАБ нельзя правильно оценить и взвесить все составляющие безопасности энергоблока.



- В Таблицах 1-2 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.

Таблица 1. Частота повреждения активной зоны (вклад ИСА)

№	ИСА	Условная вероятность	Частота ИСА	ЧПАЗ	% от группы ИСА	% от ЧПАЗ
Аварии с потерей теплоносителя						
	А "Большие течи 1 контура"	6.594E-02	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 ТЈ"	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%

Таблица 1. Частота повреждения активной зоны (вклад ИСА) ПРОДОЛЖЕНИЕ.

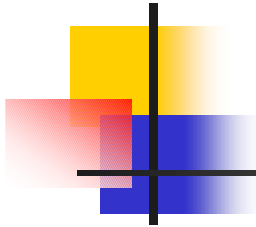
Переходные процессы						
	Т1 “Потеря электроснабжения от всех секций 6 кВ собственных нужд”	1.572E-03	1.00E-02	1.570E-05	38.0%	10.4 %
	Т2 “Полная потеря основной питательной воды в результате разрыва / течи линии подпитки ПГ”	8.446E-04	5.00E-03	4.221E-06	10.2%	2.8%
	Т31 “Переходные процессы, ведущие к срабатыванию АЗ”	9.006E-06	1.33	1.198E-05	29.0%	7.9%
	Т32 “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 %

Таблица 1. Частота повреждения активной зоны (вклад ИСА) ПРОДОЛЖЕНИЕ.

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%
	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%	

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 основных мероприятий по компенсации 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.

Рис 1 Частотные вкладышки повреждения активной зоны
Базовый вариант ВАБ ЮУАЭС-1

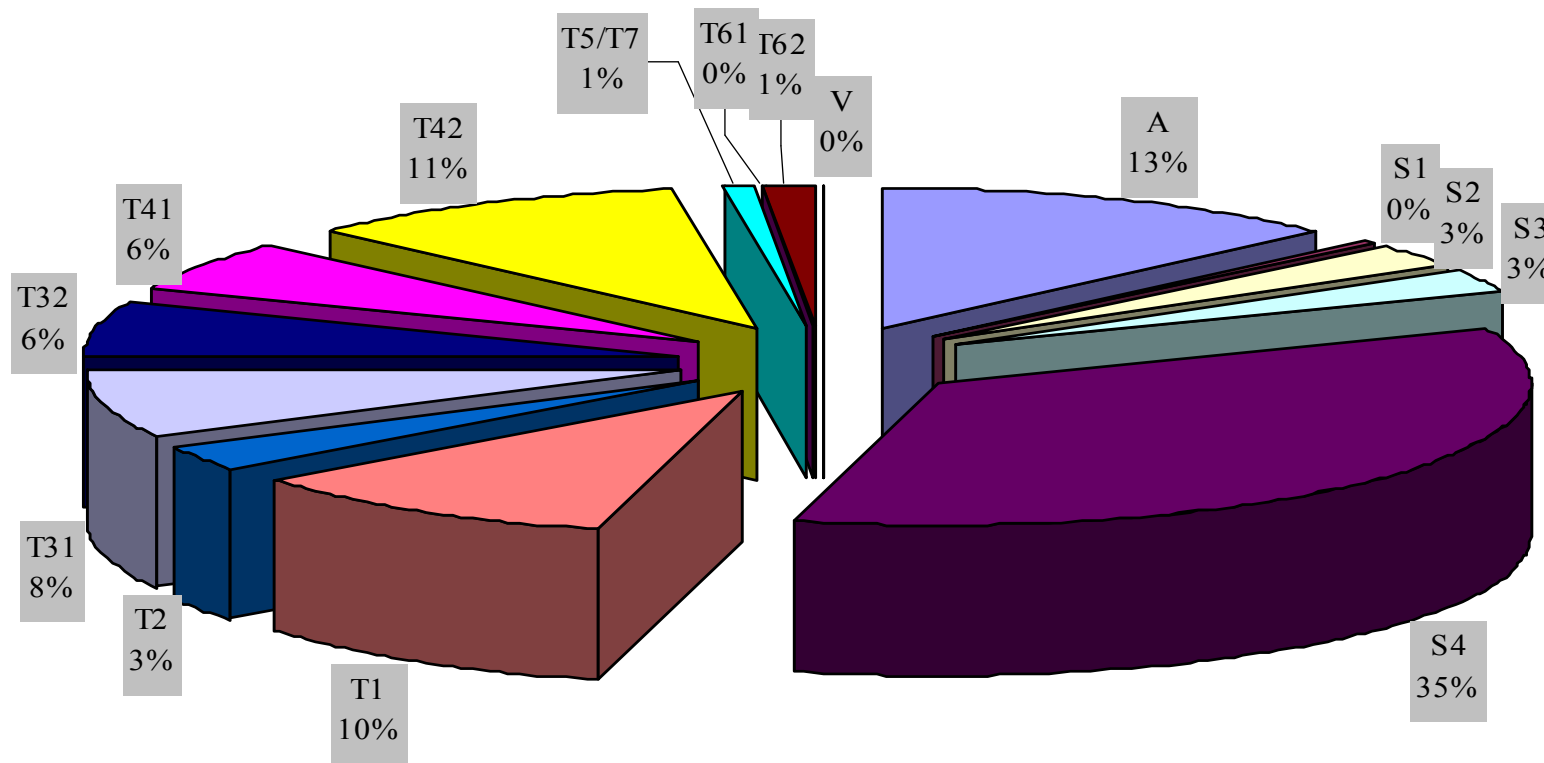


Рис 2 Частотные вкладчики повреждения активной зоны.

Вариант 1.

Устранение избыточной консервативности допущений об ошибках персонала по компенсации подпитки от ТК и вводу борной кислоты, уточнение частоты ИСА (S4).

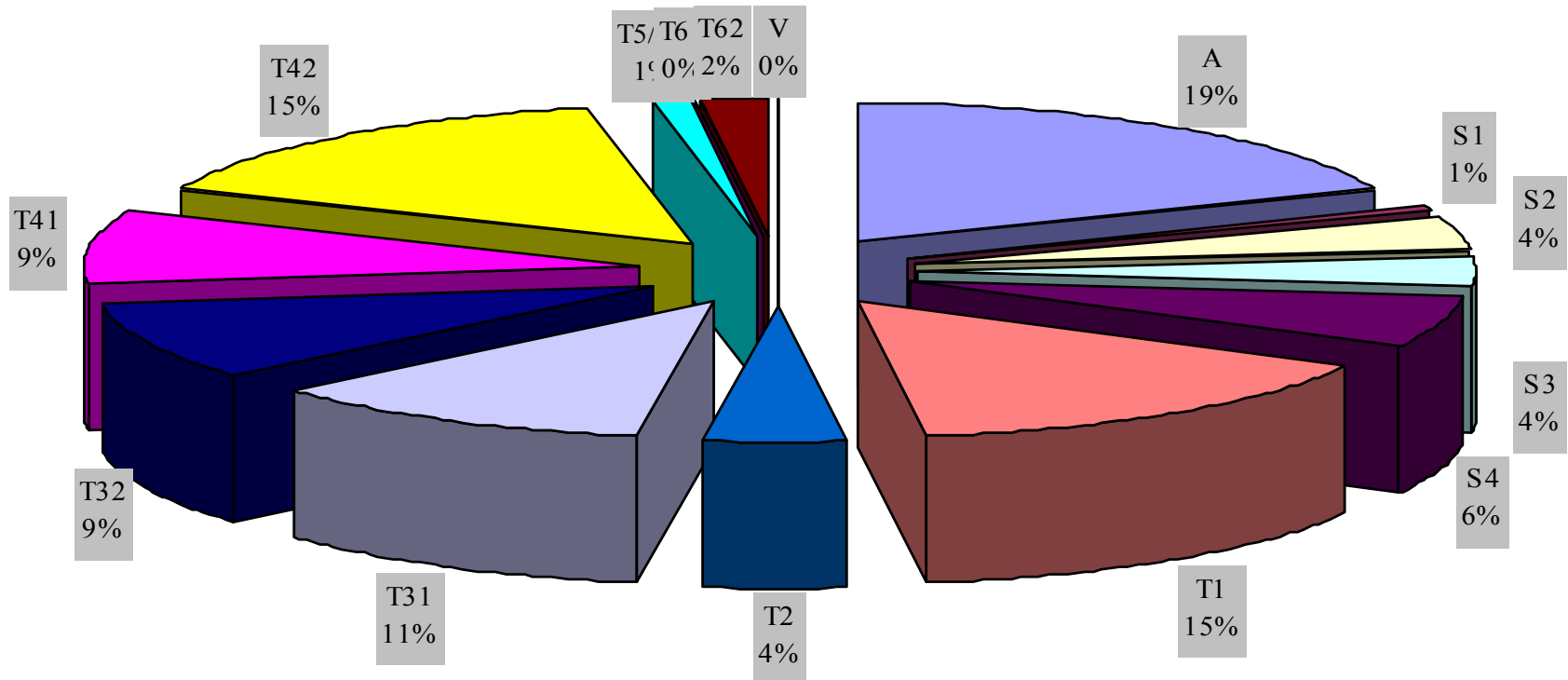


Рис 3 Частотные вкладчики повреждения активной зоны.

Вариант 2.

Увеличен вклад больших течей в результате забивания прямков теплоизоляции с 100 (1-й ЮУАЭС) до 925 (гипотеза НВАЭС) на 1000 случаев средних и больших течей.

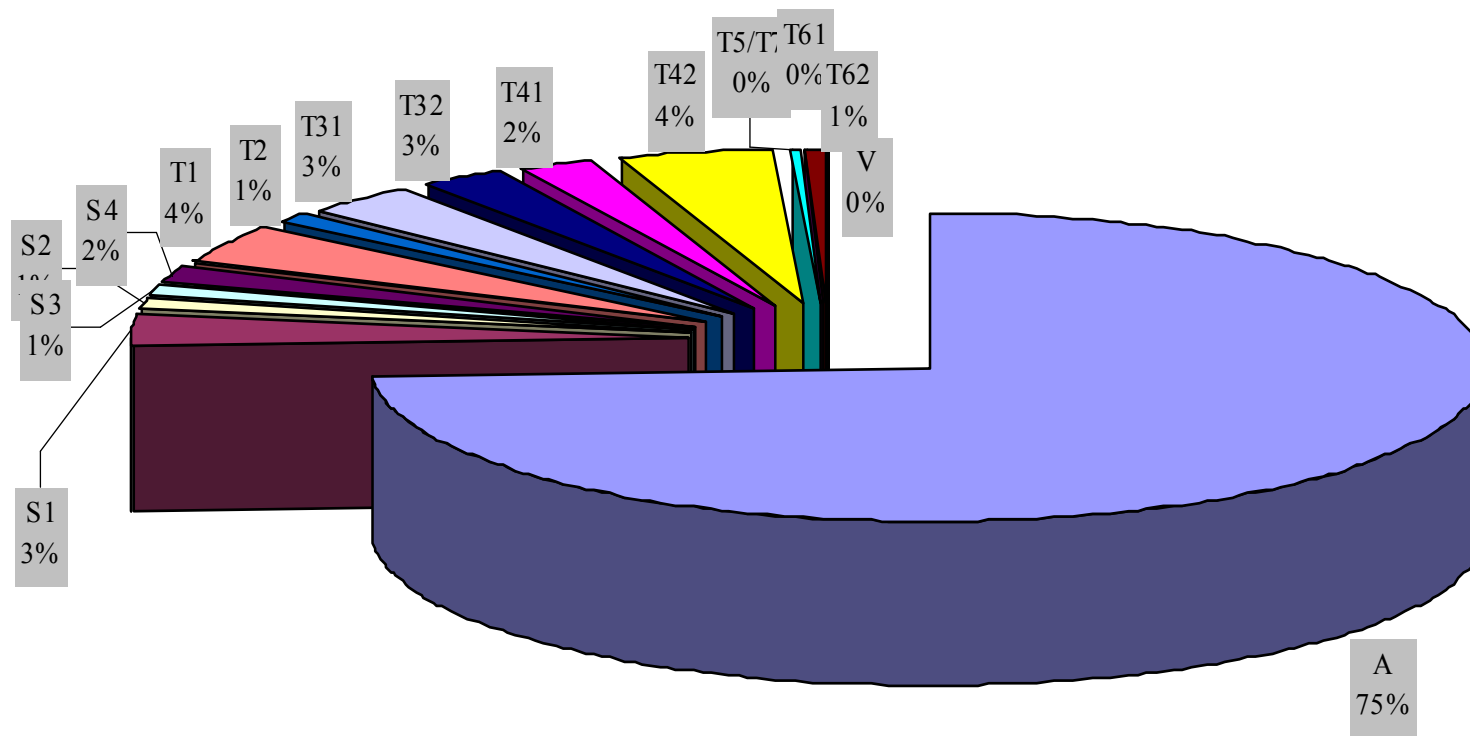
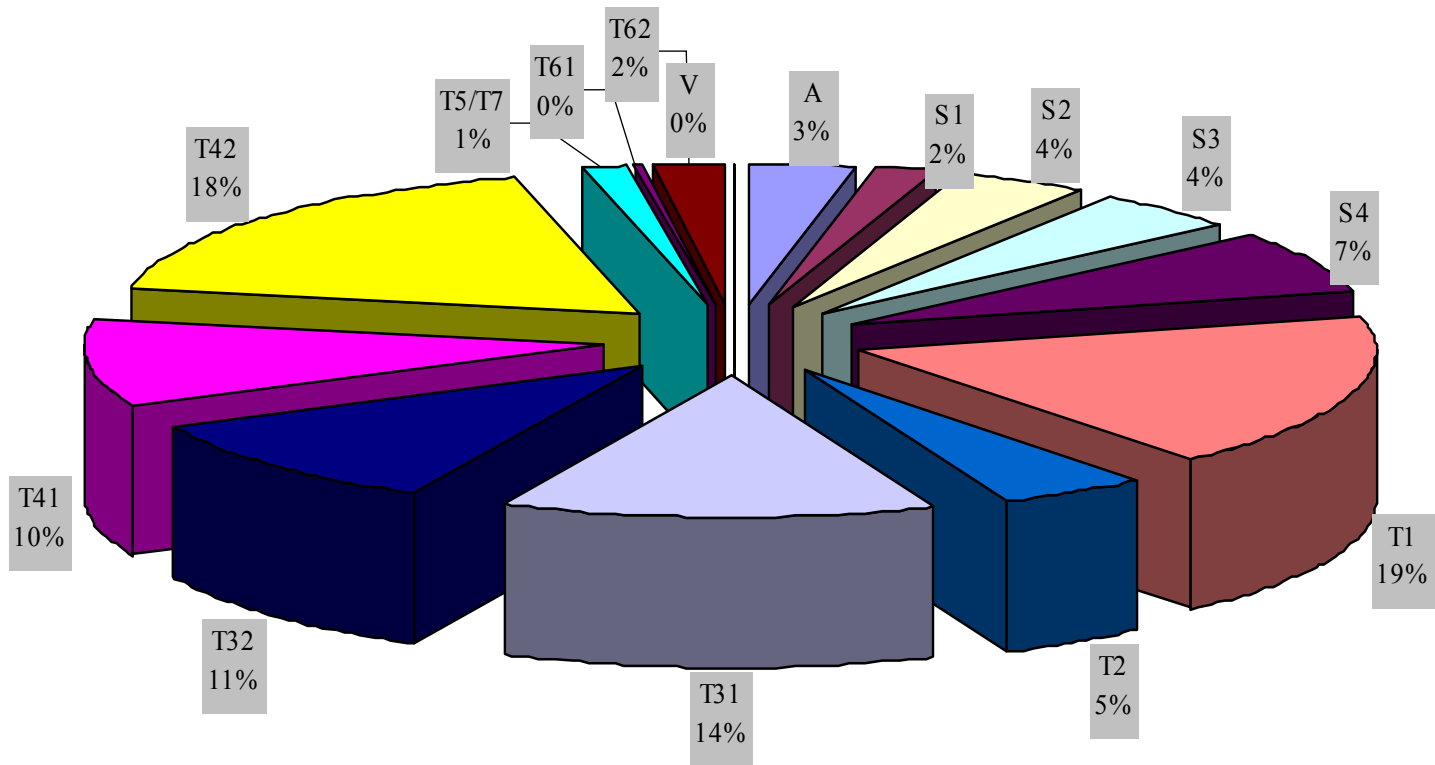


Рис 4 Частотные вкладчики повреждения активной зоны.
Вариант 3.
Установка кассетной теплоизоляции оборудования РУ в гермооболочке. Вероятности отказов прямиков снижены до европейского уровня.



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

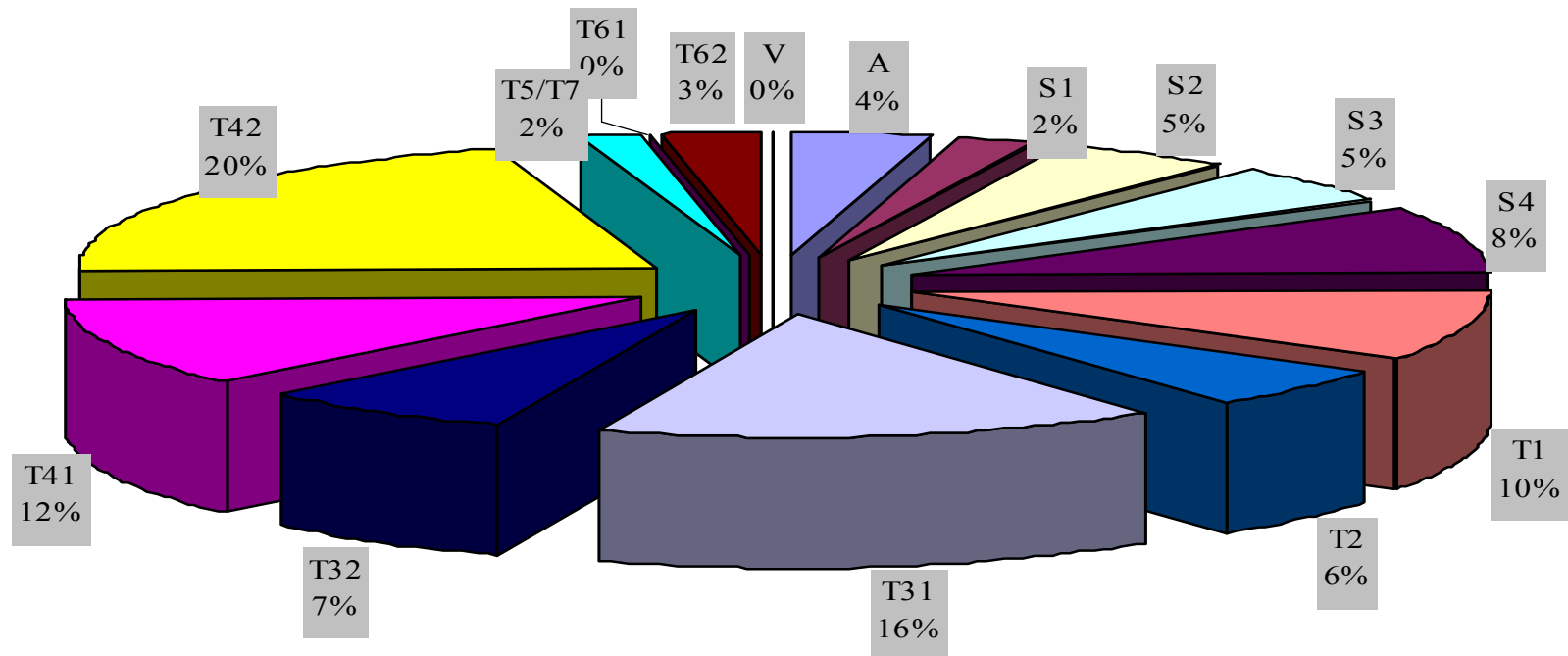


Рис 6 Частотные вкладыши в повреждение активной зоны.

Вариант 5

Введено надежное питание ВПЭЦ, блокировки на закрытие БРУ -А выводятся с БЩУ.

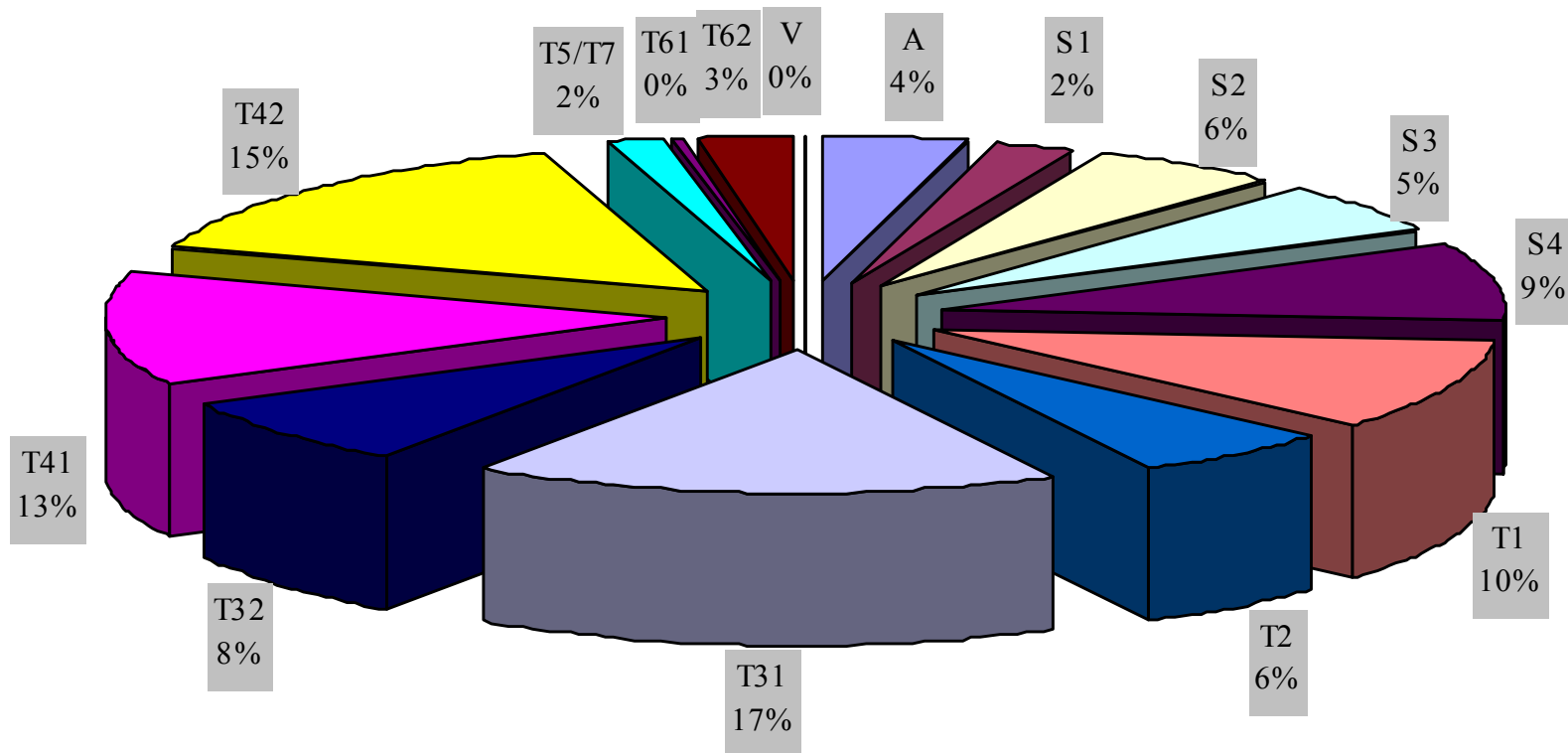


Рис 7 Частотные вкладыши в повреждение активной зоны .
Вариант 6
Выведе на блокировка на закрытие напорной арматуры на ПТ-6 по 163 ати

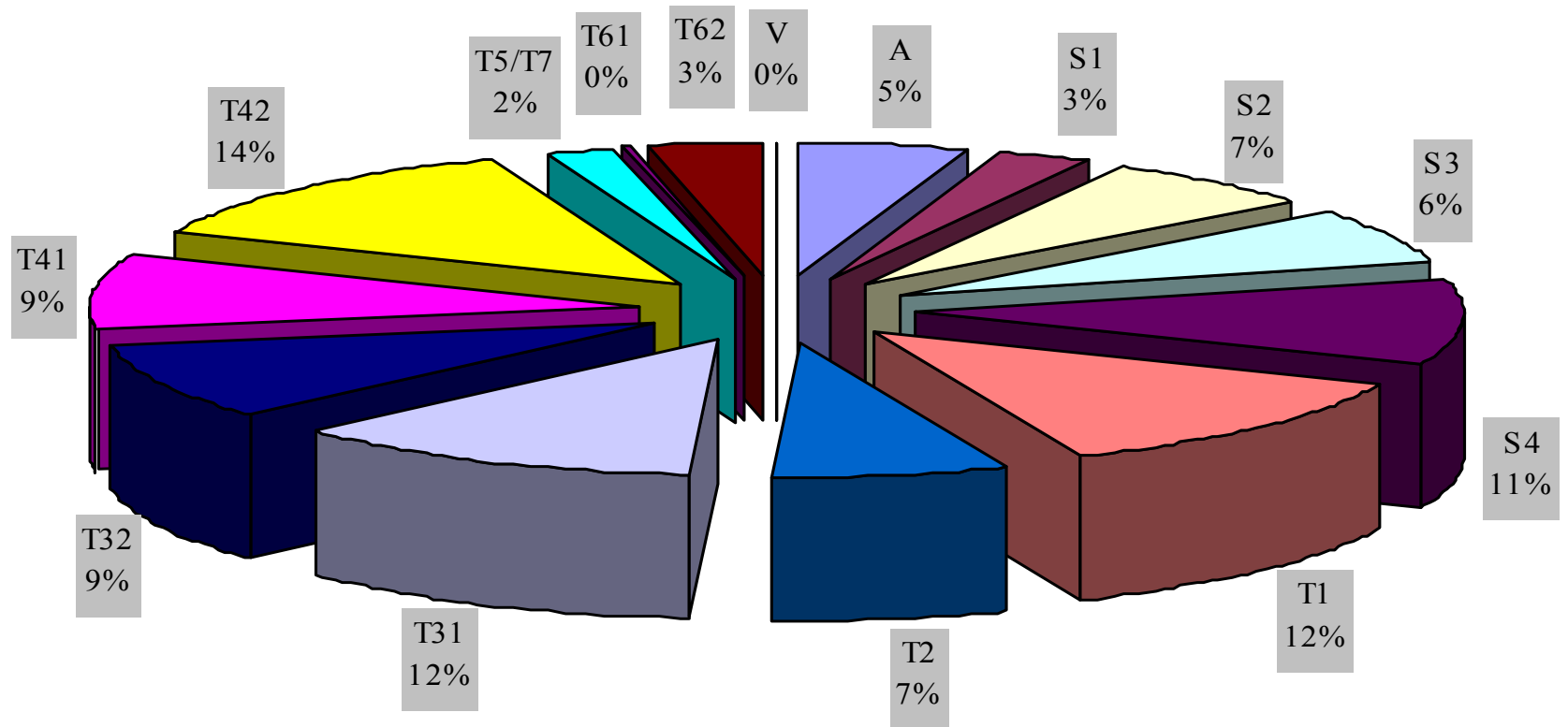
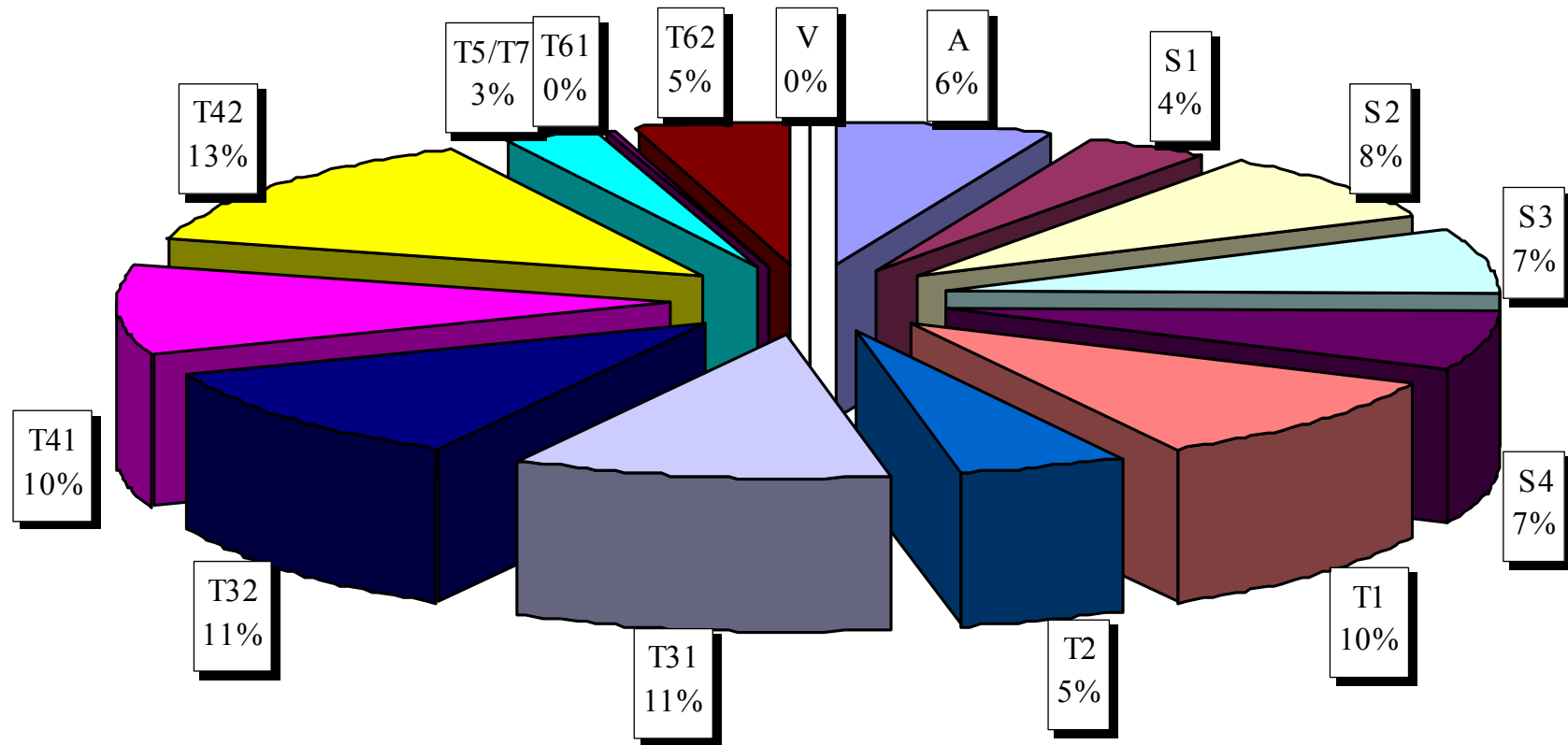


Рис 8 Частотные вкладыши в повреждение активной зоны сбалансированной РУ.

Вариант 8.

Два комплекта АЗТЦ. Установлен дроссельный пакет на напоре САОЗ ВД и обеспечивается работа с пряжкой ГО. Заменены ПГ на новые. Новая ИЛА. Введен общестанционный ДГ



Расчет вариантов изменения ЧПАЗ

