

УДК 621.039.58

У даній статті розглянуто проблему оцінки стану атомних електростанцій. Пропонується система показників безпеки, яка могла би вирішити цю проблему. Розглянуто ієрархічну структуру системи показників безпеки, що розробляється, а також кожен індикатор окремо

Ключові слова: система показників безпеки, індикатор безпеки, АЕС

В данной статье рассмотрена проблема оценки состояния атомных электростанций. Предлагается система показателей безопасности, которая позволила бы решить эту проблему. Рассмотрена иерархическая структура разрабатываемой системы показателей безопасности, а также каждый индикатор в отдельности

Ключевые слова: система показателей безопасности, индикатор безопасности, АЭС

The problem of NPP condition assessment is examined in this article. The system of safety indicators, which would solve this problem is introduced. The hierarchical structure of the developed system of safety indicators and each indicator separately are considered

Keywords: safety indicator system, NPP

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

М. В. Кравчук

Магистрант

Кафедра атомных электрических станций и инженерной теплофизики

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы 37, г. Киев 03056

Контактный тел.: 093-501-44-03, 066-350-00-27

E-mail: skala_90@ukr.net

Введение

Подходы и методы, которые применяются на данное время для анализа состояния ядерной и радиационной безопасности объектов с ядерными технологиями, и способы представления результатов этого анализа не всегда дают возможность создать ясную интегральную картину текущего уровня безопасности.

Уровень безопасности АЭС - это результат сложного взаимодействия проектных решений, эксплуатационной безопасности и качественного функционирования персонала. Опыт показывает, что ориентация на любой один из названных составляющих является неэффективной. Самым действенным инструментом выполнения оценки текущего уровня безопасности АЭС и внедрения корректирующих мероприятий при осуществлении наблюдательной деятельности является рассмотрение комплексного набора показателей, которые охватывают все аспекты работ в сфере эксплуатационной безопасности.

Разработке и внедрению системы показателей безопасности уделяется большое внимание во многих странах. Наибольших успехов в этом вопросе достигнуто в США, Канаде, Швейцарии, Финляндии, Испании, Швеции. Соответствующие рекомендации подготовлены МАГАТЭ и Агентством из ядерной энергетики (OECD/NEA)[1], [2]. Органы регулирования безопас-

ности низких зарубежных стран применяют в своей практике такие системы индикаторов безопасности, которые дают возможность правительству, средствам массовой информации и общественности наглядно представить результаты оценки уровня безопасности объектов ядерной энергетики. Также работы по созданию структуры системы индикаторов безопасности осуществляются и в Российской Федерации [3].

Значения показателей безопасности являются индикаторами, которые сигнализируют об изменениях уровня безопасности энергоблока АЭС и являются эффективным инструментом выявления негативных тенденций в обеспечении безопасности, с учетом которых эксплуатирующая организация и регулирующий орган могут выявить наличие нежелательных отклонений до появления проблем и принять необходимые меры.

Применяемая система показателей до 2005 года «Временное положение о годовых отчетах по оценке текущего состояния эксплуатационной безопасности энергоблоков АС с реакторами типа ВВЭР» (ВНИАЭС, Москва, 1992г.) [4].

Основные недостатки:

- неопределенность статуса отчетов о текущем состоянии эксплуатационной безопасности;
- отсутствие единой иерархии структуры показателей;

- в ряде случаев приведено идеологически не-правильное определение показателей;
- набор требований является неполным, не всегда однозначный и корректный.
- не определены детальные требования к проведению анализа, определения тенденции и отсутствуют разъяснения, каким образом выполнять такой анализ;
- не установлены критерии оценки показателей и, соответственно, уровни вмешательства.

Поэтому необходимо разрабатывать новую систему показателей безопасности. Предлагается структура системы эксплуатационных индикаторов, описанная в данной статье.

Выбор индикаторов

Выбор индикаторов должен быть исследован в начале разработок. Начальной базой для выбора индикаторов является доступность информации для оценки. С такой точки зрения, каждый предложенный индикатор должен быть направлен на оценку требуемых данных. Когда определена требуемая информация, становится ясно, какие индикаторы могут быть применены. Может случиться так, что некоторые индикаторы не могут быть посчитаны, потому что база данных недостаточно большая, или же данные представляются в форме, не пригодной для вычисления связанных индикаторов. Также, может оказаться, что некоторые индикаторы не могут использоваться, из-за отсутствия систем записи данных. Некоторые другие индикаторы могут вообще не иметь смысла для данной АЭС.

Регулирующим органом и эксплуатирующей организацией совместно разрабатываются индикаторы безопасности. В результате имеется некоторый набор специфических показателей. Из них будет строиться система. Не обязательно выбирать все предложенные индикаторы. Тщательная проверка может привести к тому, что только 50 – 60 % представленных индикаторов будут использоваться. Также, последние модификации проектов энергоблоков могут привести к тому, что потребуются ввести индикаторы, которые первоначально были отсеяны из-за недостатка информации. Вначале также может получиться, что некоторые индикаторы покажутся незначимыми, но в процессе эксплуатации раскроются связанные с ними аспекты.

При выборе индикаторов, следующее должно приниматься в рассмотрение:

- Индикаторы, которые уже используются на АЭС;
- Полезность индикаторов;
- Организационные и технические свойства АЭС.

При внедрении программы мониторинга безопасности эксплуатации нужно учитывать качество информации, которая предоставляется индикаторами. Далее определен набор характеристик, которым должен удовлетворять каждый индикатор:

- Прямая связь между индикатором и эксплуатацией;
- Необходимая информация, или же которую можно получить;
- Индикаторы могут выражаться численно;

- Индикаторы не двусмысленны;
- Понимается их важность;
- Индикаторы не восприимчивы к манипуляции;
- Количество индикаторов, которые входят в систему, не должно быть слишком большим, нужно учитывать, что предоставляемый объем данных будет обрабатываться, и от его размера зависит понятность и оперативность выходных данных;
- Индикаторы должны иметь смысл, не целесообразно вводить индикаторы, которые в последствии не будут отражать какую либо информацию о безопасности;
- Они могут быть интегрированы в обычную деятельность;
- Индикаторы должны проходить валидацию;
- На базе индикаторов могут быть предприняты соответствующие действия.

Разработка системы показателей безопасности

Первым шагом в разработке системы показателей безопасности является определение ее цели. Считается, что система показателей безопасности внедряется для достижения необходимого уровня эксплуатационной безопасности путем удаления существующих или потенциальных дефицитов безопасности. Таким образом, верхом иерархической структуры системы показателей безопасности предлагается сделать уровень эксплуатационной безопасности, от которого разрабатываются атрибуты программы безопасности. При определении ключевых атрибутов программы безопасности, нужно определить ключевые аспекты безопасности, которые несут вклад в уровень эксплуатационной безопасности. Предлагается три атрибута, которые ассоциируются с уровнем эксплуатационной безопасности:

- Стабильная работа АЭС;
- Техническая безопасность;
- Культура безопасности.

Из-за того, что мы не в состоянии измерить напрямую эти атрибуты, структура системы индикаторов безопасности расширяется до уровня легко измеряемых количественно величин. Используя эти атрибуты как начальную точку для разработки системы, предлагается набор индикаторов безопасности. Каждый ключевой индикатор безопасности поддерживается набором специфических индикаторов, некоторые из которых уже используются в отрасли. Ключевые индикаторы безопасности представлены для обеспечения общей оценки важных аспектов безопасности. Специфические или специфические для данной АЭС индикаторы представляют собой количественную меру безопасности. Специфические индикаторы выбираются исходя из свойства быстрого определения ухудшения тренда безопасности или проблемных областей. Таким образом, регулирующий орган или администрация АЭС может предпринять корректирующие меры для предотвращения дальнейшей деградации безопасности. На рис. 1 представлена структура системы показателей безопасности.

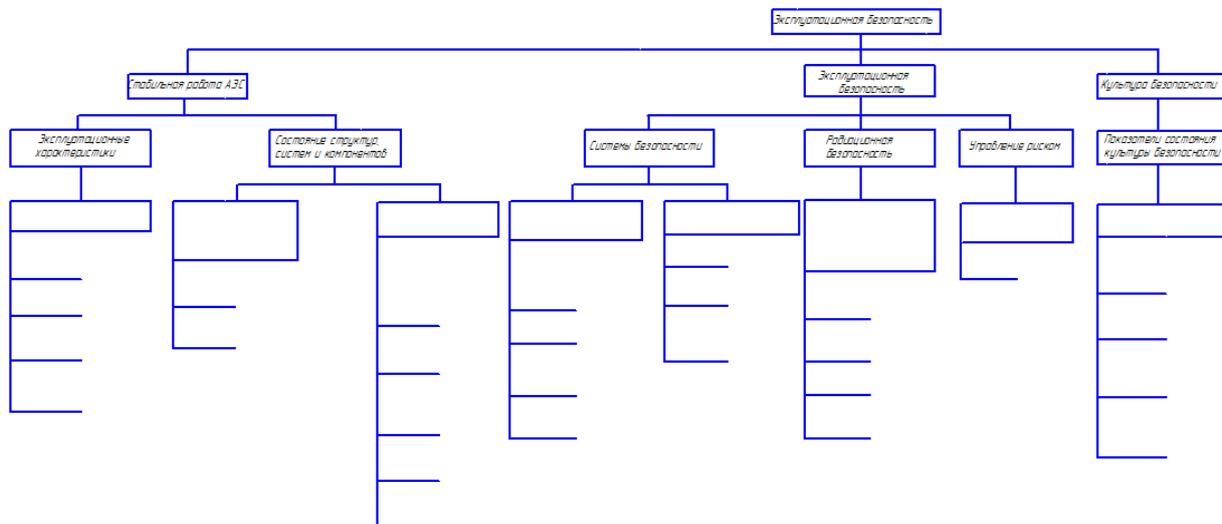


Рис. 1. Структура системы показателей безопасности.

Далее для каждого атрибута безопасности представлены ключевые индикаторы и некоторые связанные с ними примеры. Предлагаемые специфические индикаторы основаны на существующих индикаторах безопасности в атомной отрасли. Не целесообразно создавать новые индикаторы со всей необходимой инфраструктурой, что требует значительных средств. Также необходимо, чтобы эксплуатирующая организация внимательно изучила особенности своих АЭС, перед тем, как внедрять предложенную схему.

Стабильная работа АЭС

Данная группа индикаторов дает представление о стабильности работы АЭС.

Ключевые индикаторы безопасности стабильной работы АЭС:

- Эксплуатационные характеристики;
- Состояние структур, систем и компонентов.

Структура показателя «Стабильная работа АЭС» изображена на рис. 2.

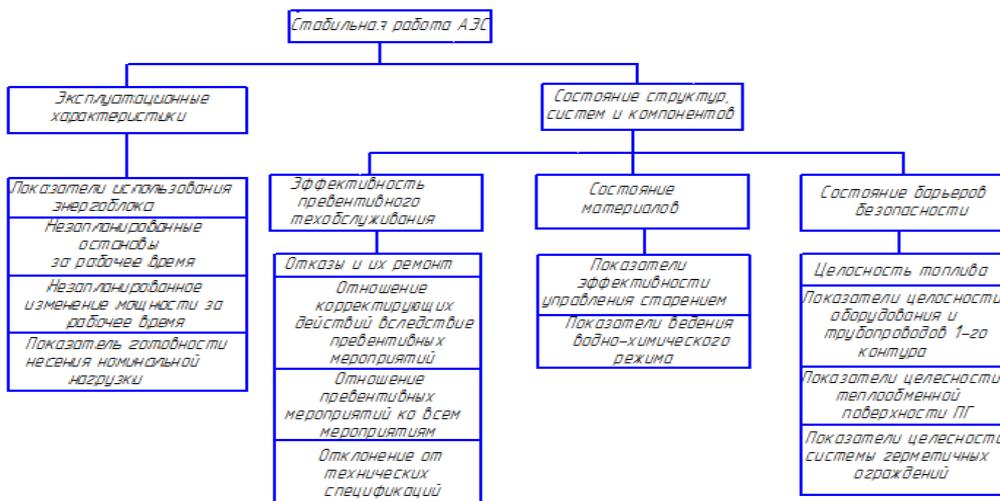


Рис. 2. Структура показателя «Стабильная работа АЭС»

Эксплуатационные характеристики

Эксплуатационные характеристики энергоблока предназначены для количественной оценки процессов, связанных с непредусмотренными остановами или изменениями мощности реакторной установки и характеризуют эффективность мероприятий, направленных на повышение стабильности работы основного оборудования и снижение unplanned losses of electricity production.

В раздел эксплуатационных характеристик входят следующие индикаторы:

- Показатель использования установленной электрической мощности;
- Незапланированные остановки за рабочее время;
- Незапланированные изменение мощности за рабочее время;
- Показатель готовности несения номинальной нагрузки.

Показатель использования установленной электрической мощности предназначен для количественной оценки процессов, связанных с остановами или изменениями мощности реакторной установки и характеризуют эффективность работы основного оборудования.

Незапланированные быстрые выключения реактора.

Индикатор следит за незапланированными быстрыми

остановами реактора. Измеряется частота остановов и частота исходных событий.

Считается количество незапланированных остановов за год, автоматических, или вручную, относительно количества критических часов.

Незапланированные изменения мощности реактора.

Индикатор следит за количеством незапланированных изменений мощности реактора, которые могли произойти при некоторых событиях. Индикатор может обеспечить определение значимых по риску событий.

Считается количество незапланированных изменений мощности за год, более чем на 20%, изменяться относительно номинального уровня мощности.

Показатель готовности несения номинальной нагрузки предназначен для количественной оценки процессов, связанных с плановыми и неплановыми остановами или изменениями мощности реакторной установки и характеризуют эффективность мероприятий, направленных на повышение стабильности работы основного оборудования и снижение потерь выработки электроэнергии [5].

Состояние структур, систем и компонентов

Ключевой индикатор: Эффективность превентивного техобслуживания.

Этот ключевой индикатор – мера эффективности мероприятий по превентивному техобслуживанию. Этот индикатор помогает понять, насколько эффективно программа техобслуживания определяет потенциальные отказы и понять, насколько эффективны мероприятия по обслуживанию. В поддержку этого ключевого индикатора безопасности предлагается пять специфических индикаторов:

- Отказы и их ремонт;
- Отношение корректирующих действий вследствие превентивных мероприятий;
- Отношение превентивных мероприятий ко всем мероприятиям;
- Показатель количества аналогичных нарушений;
- Время ремонта компонентов в соответствии с эксплуатационными пределами и условиями.

Отношение количества отказов к техническим спецификациям. Отношение количества отказов по техническим спецификациям как индикатор, указывает на проблемы условий эксплуатации оборудования. Величина определяется как отношение количества отказов оборудования к количеству отказов оборудования по техническим спецификациям. Источником данных являются отчеты о работе предприятия. Индикатор используется для управления жизненным циклом оборудования и оценки его состояния.

С использованием такого индикатора появляется возможность заранее определять оборудование, которое может отказать и выполнять его ремонт и замену. Такой подход позволяет предотвращать отказы и снижать их влияние на работу блока.

Отношение корректирующих действий может быть выражено как количество определенных корректирующих мероприятий, которые были идентифицирова-

ны во время обслуживания. Индикатор должен рассчитываться как среднее по отделу техобслуживания. Он не должен применяться к отдельно взятому мероприятию или оборудованию. Этот индикатор – лишь одна из мер эффективности программы превентивного техобслуживания. Лучший индикатор эффективности программы превентивного техобслуживания – это надежность оборудования. Но надежность оборудования – опаздывающий индикатор. Соответствие превентивному техобслуживанию может использоваться, как ведущий индикатор. Процент дефицитов безопасности, определенных при проверках и инспекциях.

Этот индикатор наблюдает за эффективностью программы надзора на АС. Он измеряет эффективность превентивных мероприятий в определении проблем с оборудованием до того, как произойдет нежелательное событие. Этот индикатор рассчитывается, как отношение дефицитов безопасности, определенных при плановых проверках к общему количеству определенных дефицитов безопасности за год.

Измерение отношения превентивных мероприятий ко всем мероприятиям определяет превалирующую стратегию АЭС. Ожидается, что введение такого индикатора повысит количество плановых из всего числа техобслуживаний. Так как незапланированные ТО ведут к снижению мощности или простоя, то увеличенное количество запланированных обслуживаний приведет к уменьшению экстренных или незапланированных рабочих заданий.

Цель индикатора «Направление задолженности по проведению превентивных мероприятий» – управлять задолженностью проведения обслуживания. Этот индикатор измеряет всю активность мероприятий в системе. Дата проведения работ сравнивается с текущей +/- 14 дней. Используя такое руководство, все работы делятся на категории «опаздывающие», «те, которые проводятся» и «будущие». Графическое представление позволяет администрации определить направления несоответствия срокам выполнения работ.

Показатель количества аналогичных нарушений характеризует эффективность деятельности по расследованию нарушений в работе, определению их коренных причин и назначению адекватных корректирующих мероприятий.

Расчет показателя производится для каждого энергоблока ежеквартально. При расчете показателя учитываются нарушения, подпадающие под действие нормативного документа НП 306.2.100 – 2004, а также цеховые нарушения.

Время ремонта компонентов в соответствии с эксплуатационными пределами и условиями. В качестве индикатора, определяется среднее время ремонта отказов, вызвавших недоступность компонентов или систем. Время рассчитывается от выявления отказа до конца ремонтных работ, если отказ ведет к немедленной остановке эксплуатации. Если же компонент в состоянии выполнять свою функцию, то учитывается только время ремонта.

Источником информации по этому показателю являются рабочие отчеты о техобслуживании.

Индикатор показывает, как быстро происходит ремонт отказавших компонентов в соответствии ко времени их ремонта по эксплуатационным пределам. Такая информация используется для оценки стратегии

текущего ремонта, а также распределения ресурсов и повышения эффективности техобслуживания [6].

Состояние материалов.

Данный ключевой индикатор дает представление про состояние материалов оборудования и трубопроводов.

В эту категорию входят:

- Показатель эффективности управления старением;
- Показатели ведения водно-химического режима.

Показатель эффективности управления старением предназначен для оценки уровня эффективности мероприятий по управлению старением оборудования.

Показатели ведения водно-химического режима предназначены для количественной оценки ведения ВХР основных контуров АЭС и бакового хозяйства систем безопасности энергоблока и характеризуют эффективность мероприятий, направленных на обеспечение проектного срока службы физических барьеров безопасности, основного оборудования и трубопроводов энергоблока в части поддержания требуемых норм ВХР.

Определяются следующие показатели:

- показатель нарушения ВХР;
- показатель отклонения ВХР второго уровня;
- показатель отклонения ВХР первого уровня;
- показатель отклонения диагностических показателей ВХР.

Состояние барьеров безопасности

Показатели состояния физических барьеров предназначены для количественной оценки целостности оболочек ТВЭЛ, оборудования и трубопроводов 1-го контура, теплообменной поверхности ПГ, сооружений и конструкций СГО и характеризуют эффективность мероприятий, направленных на обеспечение целостности и надежности физических барьеров безопасности.

В этот ключевой индикатор безопасности входят:

- Целостность топлива;
- Показатели целостности оборудования и трубопроводов 1-го контура;
- Показатель целостности теплообменной поверхности ПГ;
- Показатель целостности системы герметичных ограждений.

Целостность топлива.

В качестве индикаторов целостности топлива используются максимальное значение концентрации йода-131 в теплоносителе первого контура на номинальном уровне мощности, изменение этой концентрации при распрессовке во время останова, или в связи со срабатыванием аварийной защиты, а так же количество «протекающих» ТВС.

Лицензиат обязан передавать значения индикаторов прямо ответственному лицу регулирующего органа. Также, данные доступны в квартальных отчетах.

Индикатор описывает целостность топлива и объем утечки во время кампании. Для режима «останов» индикаторы описывают успешность останова с точки зрения радиационной безопасности.

Показатели целостности оборудования и трубопроводов 1-го контура характеризуют плотность первого контура и эффективность мероприятий, направленных на обеспечение целостности и надежности оборудования и трубопроводов 1-го контура.

Определяются следующие показатели:

- Показатель максимального значения величины утечки теплоносителя первого контура в отчетном периоде при работе РУ в условиях наличия течи, место которой определено;
- Показатель максимального значения величины утечки теплоносителя первого контура в отчетном периоде при работе РУ в условиях наличия течи, место которой не определено.

Показатель целостности теплообменной поверхности ПГ характеризует герметичность поверхности парогенераторов и эффективность мероприятий, направленных на обеспечение целостности и надежности теплообменной поверхности ПГ.

Показатель целостности системы герметичных ограждений предназначен для оценки целостности СГО и характеризует эффективность мероприятий, направленных на обеспечение целостности системы герметичных ограждений [7].

Техническая безопасность

Атрибут «Техническая безопасность» поддерживается такими ключевыми индикаторами:

- Системы безопасности
- Радиационная безопасность
- Управление риском

Структура этой части системы изображена на рисунке 3.

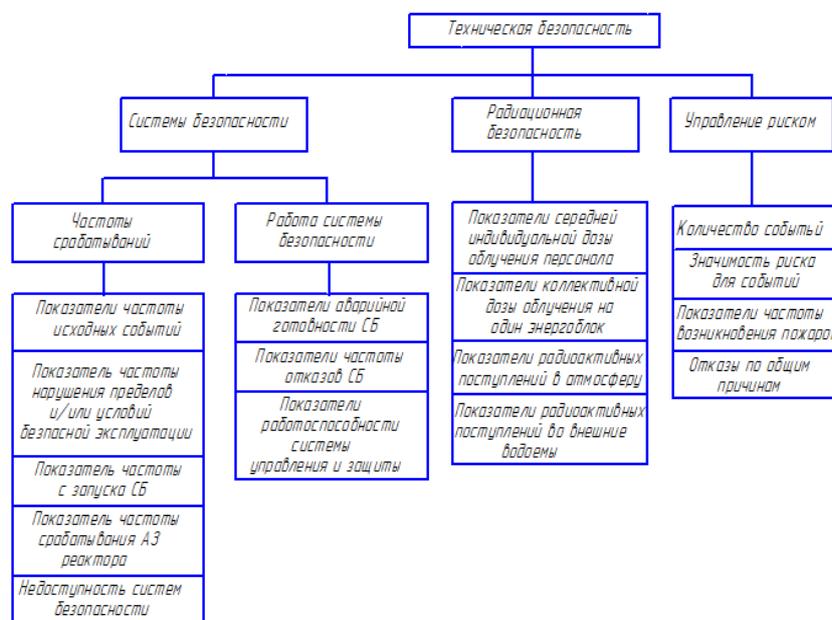


Рис. 3. Структура ключевого индикатора «Техническая безопасность»

Системы безопасности

Этот ключевой индикатор представляет работу систем безопасности.

В свою очередь, показатель разделяется на частоты срабатываний и работу систем безопасности.

Индикатор «частоты срабатываний» основан на следующих показателях:

- Показатели частоты исходных событий;
- Показатель частоты нарушения пределов и/или условий безопасной эксплуатации;
- Показатель частоты запуска СБ;
- Показатель частоты срабатывания АЗ реактора;
- Недоступность системы безопасности.

Показатели частоты исходных событий предназначены для количественной оценки интенсивности событий, приводящих к снижению устойчивости работы энергоблока, срабатыванию АЗ, СБ, нарушению пределов, условий безопасной эксплуатации.

Показатели характеризуют эффективность деятельности, направленной на предотвращение нарушений нормальной эксплуатации, пределов, условий безопасной эксплуатации энергоблока.

Показатель частоты нарушения пределов и/или условий безопасной эксплуатации характеризует частоту нарушения пределов и/или условий безопасной эксплуатации энергоблока. Показатель отражает эффективность деятельности по повышению безопасности АЭС путем снижения количества нарушений пределов и/или условий безопасной эксплуатации энергоблока.

Показатель частоты запуска СБ предназначен для количественной оценки интенсивности запуска СБ, приводящих к снижению устойчивости работы энергоблока. Показатель характеризует эффективность деятельности, направленной на предотвращение нарушений нормальной эксплуатации энергоблока.

К «технологическим» СБ относятся следующие системы:

- Система управления и защиты;
- аварийного ввода концентрированного раствора борной кислоты высокого давления;
- аварийного охлаждения активной зоны реактора низкого давления (САОЗ активная часть);
- аварийного охлаждения активной зоны реактора (САОЗ - пассивная часть);
- спринклерная;
- защиты первого контура от превышения давления;
- защиты второго контура от превышения давления;
- аварийной подачи питательной воды в парогенераторы.

Показатель частоты срабатывания аварийной защиты реактора характеризует частоту срабатывания аварийной защиты реактора. Показатель отражает эффективность деятельности по повышению безопасности АЭС путем снижения количества переходных процессов, приводящих к срабатыванию АЗ.

При расчете показателя учитываются:

- автоматические срабатывания аварийной защиты, вызванные действием защит и блоки-

ровок от сигналов штатных измерительных средств энергоблока;

- срабатывания аварийной защиты от ключей управления в соответствии с требованиями Технологического регламента.

Учитываются все случаи срабатывания аварийной защиты при работе реактора на мощности (от минимально контролируемого уровня мощности до номинального уровня мощности).

Неготовность систем безопасности

Неготовность систем безопасности контролируется каждым блоком станции. Системы, за которыми ведется наблюдение:

- Спринклерная система;
- Система аварийной питательной воды;
- Аварийные дизель-генераторы.

Индикатор рассчитывается как отношение количества времени недоступности СБ к необходимому времени готовности этих систем. Время недоступности состоит из времени неготовности избыточных подсистем, разделенное на их количество. Для всех систем рассчитывается количество критических часов. Для дизель-генераторов – время готовности непрерывно, количество критических часов равно количеству часов работы.

Информация собирается из генерирующей компании. Лицензиат посылает необходимую информацию ответственному лицу в компании.

Индикатор определяет состояние и статус систем безопасности и тенденцию развития этого состояния.

Работа систем безопасности определяется следующими индикаторами:

- Показатели аварийной готовности СБ;
- Показатель частоты отказов СБ;
- Показатель работоспособности системы управления и защиты.

Показатели готовности СБ характеризуют способность систем безопасности выполнять требуемые функции, а также эффективность мероприятий по поддержанию работоспособности систем и элементов СБ.

Показатели готовности СБ рассчитываются для следующих четырех систем:

- системы аварийного ввода бора высокого давления;
- системы аварийного охлаждения активной зоны реактора низкого давления (САОЗ активная часть);
- системы аварийной подачи питательной воды в парогенераторы;
- системы аварийного электроснабжения потребителей 1 и 2 групп надежности.

Показатели рассчитываются каждый квартал, отдельно для каждого энергоблока.

Показатель частоты отказов СБ предназначен для количественной оценки интенсивности отказов СБ, приводящих к снижению устойчивости работы энергоблока. Показатель характеризует эффективность деятельности, направленной на предотвращение нарушений работоспособности систем и элементов СБ.

Показатель работоспособности системы управления и защиты характеризует работоспособность системы управления и защиты реактора и представляет собой средний за отчетный период суммарный параметр

потока отказов СУЗ, следствием которых является невозможность выполнить функцию по требованию или несанкционированное движение ОР СУЗ вверх, либо не введении в активную зону по требованию (зависание) [6].

При расчете показателя учитываются только такие отказы элементов автоматики органов СУЗ, которые приводят к потере функций управления и защиты реактора (не учитываются отказы, приводящие к “ложному” срабатыванию защит реактора, кроме тех, которые вызваны отказами непосредственно в СУЗ).

Показатели противорадиационной защиты персонала и окружающей среды предназначены для количественной оценки уровней облучения контролируемого персонала, включая прикомандированный, и поступления радиоактивных веществ во внешнюю среду. Показатели характеризуют эффективность мер, направленных на снижение радиационного воздействия на человека и окружающую среду. Сюда входят:

- Показатели средней и индивидуальной дозы облучения персонала;
- Показатель коллективной дозы облучения на один энергоблок;
- Показатель радиоактивных поступлений в атмосферу;
- Показатель радиоактивных поступлений во внешние водоемы.

Показатели средней индивидуальной дозы облучения персонала предназначены для количественной оценки уровней облучения контролируемого персонала и характеризуют эффективность мер, направленных на снижение радиационного воздействия на персонал.

Показатель коллективной дозы облучения на один энергоблок предназначен для количественной оценки уровней облучения контролируемого персонала и характеризуют эффективность мер, направленных на снижение радиационного воздействия на персонал.

Показатель радиоактивных поступлений в атмосферу предназначен для количественной оценки поступления радиоактивных веществ в атмосферу и характеризуют эффективность мер, направленных на снижение радиационного воздействия на окружающую среду.

Показатель радиоактивных поступлений во внешние водоемы предназначен для количественной оценки поступления радиоактивных веществ во внешние водоемы и характеризуют эффективность мер, направленных на снижение радиационного воздействия на окружающую среду [8], [9].

Управление риском

Важной категорией контроля безопасности АЕС является управление риском. В настоящее время, когда многие страны мира (в том числе и Украина) развивают и используют методы оценки риска при регулировании безопасности ядерных установок.

В данную категорию показателей входят:

- Количество событий;
- Значимость риска для событий;
- Показатель частоты возникновения пожаров;
- Отказы по общим причинам.

Количество событий. Контролируется количество событий, на которые составляются отчеты.

Информация поступает из системы администрирования документами эксплуатирующей компании.

Индикатор используется для слежения за событиями, важными для безопасности.

Значимость событий по риску. Рассматривается значимость риска событий, которые несут вклад в увеличение частоты плавления активной зоны. События разделены на три категории:

- Неготовность из-за отказов компонентов;
- «запланированная» неготовность;
- Исходные события

Исходные события, в свою очередь, разделены на три категории по значимости:

- Самые важные события (вклад в ЧПАЗ $>1E-7$);
- Другие важные события (вклад в $1E-7 > \text{ЧПАЗ} > 1E-8$);
- Другие события (вклад в $1E-8 > \text{ЧПАЗ}$).

Индикатором является количество событий в каждой группе.

Неготовность, связанная с работами, которые проводятся как исключение, принадлежат второй категории. Не соответствия эксплуатационным пределам и условиям заносятся в первую категорию.

Информация для расчета индикатора собирается из служебных отчетов и приказов для исключений.

Этот индикатор предназначен для отслеживания значимости по риску неготовности элементов, и, для оценки значимости событий и «запланированной» неготовности. Особое внимание нужно уделять повторяющимся событиям, отказам, которые происходят одновременно и ошибкам человека. Другой целью анализа событий является определение признаков ухудшения культуры безопасности.

Показатель частоты возникновения пожаров. Показатель частоты возникновения пожаров предназначен для количественной оценки состояния противопожарной защиты и пожарной безопасности и характеризует эффективность мероприятий, направленных на своевременное выявление и предотвращение возгораний, обеспечение безопасности персонала и сохранности материальных ценностей.

Количество отказов по общим причинам. Количество отказов по общим причинам характеризуют качество техобслуживания оборудования. Информация о таких отказах собирается из отчетов, которые влекут за собой ограничения по эксплуатации. Минимальное количество отказов по общим причинам определяет надежную работу систем и их каналов [6].

Отношение к безопасности

Данный показатель характеризует человеческий фактор, в частности – сознательность персонала в области отношения к безопасности. Сюда входят следующие показатели:

- Показатель качества технического обслуживания и ремонта;
- Показатель отношения количества циклов техобслуживания и ремонтов элементов СБ.

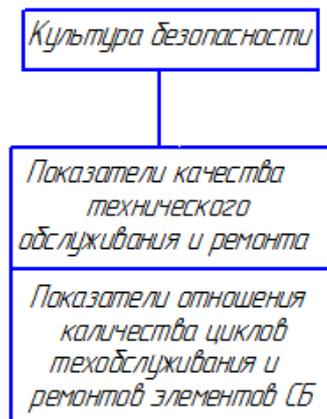


Рис. 4. Структура ключевого индикатора «Культура безопасности»

Показатель качества технического обслуживания и ремонта оценивает недостатки в работе оборудования систем, важных для безопасности энергоблока, при обслуживании и ремонте. Показатель представляет собой поток отказов оборудования, обусловленных некачественным техническим обслуживанием и ремонтом.

Показатель отношения количества циклов техобслуживания и ремонтов элементов СБ характеризует эффективность деятельности по поддержанию готовности систем и элементов СБ [8], [9].

Выводы

В данной статье рассмотрена проблема оценки состояния атомных электростанций. После проведения анализа путей решения этой проблемы, автором предложено использование разрабатываемой системы показателей безопасности. Показана ее иерархическая структура и описаны входящие индикаторы. Предлагаемая структура учитывает все важные для безопасности аспекты работы АЭС. На основе такой системы планируется дальнейшая доработка и создание новой собственной для Украины системы показателей безопасности. Для последующих исследований необходимо проводить дополнительный анализ по индикаторам на предмет их полезности. Также, для внедрения данной системы, необходимо создавать инфраструктуру - базу данных, а так же вид и порядок работы с данными, которые будут оптимальны как для регулирующего органа, так и для эксплуатирующей организации.

Литература

1. IAEA-TECDOC-1141. Operational safety performance indicators for nuclear power plants. ISSN 1011-4289. IAEA 2000.
2. OECD 2004 NEA No. 3669. Direct Indicators of Nuclear Regulatory Efficiency and Effectiveness. Pilot Project Results, JT00185488.
3. Шарафутдинов Р. Б., Кузнецов Л. А., Богданова Т. Ю. Использование систем индикаторов безопасности зарубежными органами регулирования ядерной и радиационной безопасности// Ядерная и радиационная безопасность. – М., 2008. – № 2. – С. 3–10.
4. Временное положение о годовых отчетах по оценке текущего состояния эксплуатационной безопасности энергоблоков АС с реакторами типа ВВЭР. Москва: ВНИИ АЭС, 1992.
5. Nuclear Energy Institute. Regulatory Assessment Performance Indicator Guideline. NEI 99-02 Revision 2. November 2001.
6. Система оценки уровня эксплуатационной безопасности и технического состояния АЭС с ВВЭР. Общие требования (СТП 0.41.066-2006), затверджено наказом НАЕК від 18.07.06 №604р.
7. STUK's safety performance indicators for nuclear power plants in 2004. STUK-B-YTO 241.
8. СТП 0.06.006-99 Управление качеством. Независимая оценка. Порядок проведения внутреннего аудита качества. (ГП НАЭЖ "Энергоатом", 1999).
9. СТП 0.06.013-2000 Требования к системе качества. Управление несоответствиями и корректирующие действия. (ГП НАЭЖ "Энергоатом", 2000).