Методология эксплуатационного контроля на основе концепции риска. Основные положения

В последнее время для повышения надежности отдельных компонентов и систем, а также безопасности сложных технологических объектов, в целом, был предложен и получил развитие подход, позволяющий применять концепцию риска при построении программ эксплуатационного контроля. Особенно актуальны такие разработки для ядерной отрасли, где часто стоит задача эффективного использования ограниченных материальных и финансовых ресурсов при проведении дистанционного или ручного неразрушающего контроля, продолжительность которого ограничена во времени. Развитие идеологии применения концепции риска для проведения эксплуатационного контроля (Risk Informed In-Service Inspection -RI-ISI) в плане выбора методов НК и разработки процедур самого контроля меняется в сторону интегрирования НК в целостную программу управления сложным объектом, в рамках которой фундаментальным и обязательным является понимание механизмов деградации и повреждений, которые являются характерными для вполне определенного места той или иной системы. При этом, конечно же, процедура НК подразумевает использование конкретных методов, вероятность обнаружения которыми дефектов, обусловленных одним из возможных механизмов деградации, или их совокупностью, максимальна.

Чрезвычайно интересен в этом плане опыт США по разработке и применению методологии RI-ISI для контроля трубопроводов на АЭС . Речь идет о разработке программ эксплуатационного контроля трубопроводов на основе результатов вероятностного анализа безопасности первого уровня (ВАБ-1).

Основные этапы применения RI-ISI методологии приведены на рис. 1.



**Рис.1.** Методология применения RI-ISI

Рассмотрим основные этапы ее выполнения поподробнее.

**На первом этапе,** необходимо определиться с объемом программы RI-ISI по отношению к системам, т.е. необходимо выбрать системы и собрать данные для каждой системы по результатам работы блоков. Другими словами, требуется указать предварительный список систем АЭС, охватываемых в рамках программы Rl - ISI, которые включали бы:

- системы трубопроводов (в т.ч. по классам), которые составляют границы контуров давления;

- системы трубопроводов, рассматриваемые в ВАБ 1 -го уровня.

Результат отбора - категории систем по степени детализации, важной сточки зрения концепции риска.

Основные источники данных по системам блоков

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ДАННЫЕ ПО СИСТЕМАМ БЛОКА** | | |
| **ВАБ\***  - анализ исходных событий (уровень 1) - частоты исходных событий - анализ аварийных последовательностей - модели деревьев событий/деревьев отказов - базы данных по компонентам для ВАБ - требования по контролю компонентов - анализ возможных затоплений и пожаров - характеристики оборудования, важного для безопасности и используемого для останова блока | **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ**  - документация по выполнению программ контроля металлов на АЭС - хронология событий на трубопроводах АЭС - документация по обслуживанию оборудования АЭС - международные базы данных по отказам на трубопроводах - данные по другим отраслям промышленности | **КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ**  - описание проекта и функционирования систем - проектные и эксплуатационные параметры - системные спецификации - чертежи оборудования и трубопроводов - расположение и описание сварных соединений - результаты обхода / осмотра систем / блока - изометрические чертежи - существующая программа контроля |

\* Вероятностный анализ безопасности АЭС

**Этап 2** сопровождается выявлением режимов/механизмов отказа и их последствий. Для этого используют соответствующий метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) [26].

Необходимо отметить, что метод анализа режимов / механизмов отказов и их последствий является типичным примером индуктивного подхода к анализу влияния последствий отказов компонентов на работу системы в целом. Суть метода состоит в использовании систематического и логического процесса для идентификации всех режимов/механизмов отказов на уровне блока, системы, подсистемы, компонент либо процессов. Другими словами, метод индуктивным образом определяет эффекты и последствия влияния отказов на блок, систему или процесс, которые находятся в стадии изучения, а также позволяет лучше понять механизм отказа.

Результатом выполнения этого анализа есть кодификация способности системы, компоненты, системы и т.д. функционировать с требуемыми параметрами надежности. Наиболее полезным является возможность метода оценивать проектную адекватность системы выполнять свои функции, а также углублять понимание взаимосвязей на функциональном уровне между отдельными частями систем, подсистем и т.д.

Основными элементами метода являются:

характеристика и назначение системы, подсистемы, компонента и т.д.;

- режимы / механизмы отказа;

- категория частот отказов;

- механизмы отказов и их причины;

- результат отказов (в т.ч. тяжесть последствий и время вынужденного простоя);

- последствия отказов;

- метод обнаружения отказов;

- средства и возможности (в т.ч. проектные) уменьшения вероятностей отказов.

Таблица 2

Основные этапы проведения метода анализа режимов/механизмов отказов и их последствий.

|  |  |
| --- | --- |
| **Метод анализа режимов / механизмов отказа и их последствий** | |
| **Оценка последствий** | **Оценка режимов / механизмов отказа / деградации** |
| - прямые и косвенные эффекты - размер течи - возможность изолирования течи - пространственные эффекты - исходные события | - механизмы деградации - проектные характеристики - особенности монтажа - эксплуатационные условия - воднохимический режим - опыт эксплуатации |
| **Компоновка сегментов трубопроводов для оценки риска** | |
| - целостность участков трубопроводов - схожесть механизмов деградации - схожесть последствий отказов - близкая компоновка | |

Результаты и информация, собранные в ходе FMEA, используются затем для получения количественных и качественных оценок риска для сегментов трубопроводов.

Как известно , для анализа безопасности АЭС применяют, в основном, два подхода: детерминистский и вероятностный. Не останавливаясь на преимуществах и недостатках каждого из них, отметим, что сегодня наибольшее распространение получил именно вероятностный метод - ВАБ. Выполнение первого уровня ВАБ позволяет на основе анализа проектных данных по блоку в целом и отдельным системам на основе выделенных исходных событий построить деревья отказов и деревья событий, достаточно полно проследив возможные пути развития аварий. Конечной целью выполнения ВАБ первого уровня является получение условной вероятности повреждения активной зоны реактора или частоты повреждения активной зоны (ЧПАЗ), которая определена в соответствующих нормативных документах на уровне 10-5/ реакторо-лет как количественная цель безопасности.

Для ряда блоков АЭС Украины уже проведен ВАБ первого уровня. При этом для первого блока ЮУАЭС вклад аварий с потерей теплоносителя (по исходным событиям аварии) и доминантных аварийных последовательностей в ЧПАЗ составляет около 50% . При этом исходными событиями аварий являются отказы трубопроводов.

При подготовке данной работы были использованы материалы с сайта http://www.studentu.ru