

Методы оценки последствий аварий

В. Н. Васекин (НИКИЭТ, Россия), Н. Н. Истомина (НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России)

(тезисы доклада)

1. Экспертные подходы к оценке последствий аварий основаны на сравнении величин параметров и характеристик, определяющих значения эксплуатационных пределов, пределов безопасной эксплуатации и проектных пределов с результатами, полученными при проведении соответствующих расчетов. Данные пределы установлены руководящими документами, такими как ПБЯ РУ АС-89, и являются обязательными для соблюдения в процессе эксплуатации АС. Значения вышеупомянутых ограничений получены на основе опыта эксплуатации, расчётным путём, а также базируются на экспериментальных данных.

При оценке последствий ИС по результатам детерминистского анализа аварий необходимо учитывать неопределённости в определении и обосновании эксплуатационных пределов, пределов безопасной эксплуатации и проектных пределов и неопределённость расчетных оценок текущих значений параметров и характеристик, определяющих величины, для которых установлены указанные пределы. Следовательно, возникает необходимость в методах оценки чувствительности результатов расчетного анализа аварий к неопределённости исходных данных и степени детализации нодализационных схем.

Методы анализа неопределённости могут быть разделены на три группы согласно их основным принципам:

- Метод Пизанского Университета, этот метод основан на Экстраполяции точности (UMAЕ), экстраполирует точность предсказания значения рассчитанных параметров, полученную из набора интегральных экспериментов к реакторной установке.

Другие методы предполагают выявление неопределённости моделей и данных, и численное определение и комбинирование неопределённостей в них. Они классифицируются двумя типами:

- Метод АЕА Technology, который характеризует неопределённости с помощью «приемлемых диапазонов неопределённости» и делает попытку скомбинировать эти области с использованием граничного анализа;
- Методы, которые определяют субъективные вероятностные распределения областей неопределённости для неопределённых входных параметров и отбирают образцы результирующей плотности субъективной вероятности как случайные выборки в пространстве, определенном с помощью областей неопределённости. Методы GRS, IPSN и ENUSA принадлежат к этому типу, как и Метод CSAU.

2. Существующие подходы к классификации последствий аварий

2.1 Виды радиационных аварий:

- локальная авария;
- местная авария;
- общая авария.

Классификация радиационных аварий по последствиям для населения и окружающей среды:

- **Авария – 001** (соответствует 7-му уровню событий по шкале INES)
- **Авария 002** – (соответствует 6-му уровню событий по шкале INES).
- **Авария 003** – (соответствует 5-му уровню событий по шкале INES).
- **Авария 004** – (соответствует 4-му уровню событий по шкале INES).
- **Происшествие – ПО1** – (соответствует 3-му уровню событий по шкале INES).

2.2 Подход методологии “Линий защиты”

В соответствии с категоризацией аварий по степени серьезности определены следующие категории последствий развития аварийных последовательностей:

V	Нарушение	Нарушение проектных пределов для топлива, которое не является достаточным для того, чтобы вызвать расплавление топлива или эвтектику топлива/оболочки твэла более, чем в одном канале. Нет запроектной физической угрозы защитной оболочке или системе локализации аварий. Очень ограниченные выбросы, например, как при аварии с повреждением одного канала на 3-м блоке ЛАЭС.
L	Локальное повреждение	Локальное повреждение небольшого числа каналов в пределах проектной мощности систем сброса давления из РП и СЛА. Невозможен никакой физический эффект, который смог бы привести к отказу защитной оболочки или СЛА.
D	Расплавление активной зоны	Расплавление активной зоны, которое не приводит к полному отказу защитной оболочки или СЛА при избыточном давлении, но в конечном счете приводит к их повреждению вследствие теплового удара. Выброс снижается за счет задержки после останова реактора и за счет выдержки продуктов деления в СЛА, первом контуре и т.д.

А	Авария	Расплавление активной зоны или авария вызванная ростом реактивности, приводящие к катастрофическому разрушению системы локализации при подъеме верхней плиты реактора или полному отказу СЛА при превышении допустимого давления. Большой выброс подобный тому, что произошел во время Чернобыльской аварии
---	--------	---

2.3 Подход ВАБ

S- состояние без превышения проектных пределов;

V- состояние с нарушением, проектных пределов, но без тяжелого повреждения оболочек твэлов;

D - повреждение оболочек твэлов в нескольких ТК;

A- состояние с потерей герметичности реакторного пространства.

2.4 Подход, разработанный в НТЦ ЯРБ

В отчёте НТЦ ЯРБ «Определение уровней тяжести аварий и критических функций безопасности. Разработка руководства по управлению запроектными авариями для энергоблоков 1 и 2 Ленинградской АЭС.» Инв. № 100/14-97, Москва, 1997. изложен подход основанный на оценке степени повреждения барьеров безопасности (тепловыделяющий элемент (ТЭ); труба технологического канала (ТК); граница контура циркуляции (КЦ) теплоносителя; локализирующий барьер (ЛБ), включающий границу реакторного пространства (РП).

Исходя из этого выделены следующие характерные состояния повреждения упомянутых барьеров, для удобства обозначаемые в данной разработке цифровым кодом. Таким образом, любой уровень тяжести аварии может быть обозначен четырехзначным цифровым кодом по схеме - **ТЭ-ТК-КЦ-ЛБ**. После исключения нереальных комбинаций повреждений получается таблица уровней тяжести, которые представляется целесообразным подвергнуть дальнейшему анализу. В таблицу уровней тяжести аварии входят 30 уровней.

3. Подход, предлагаемый для обсуждения в рамках семинара

За основу классификации взяты определения нарушений, аварий, проектных аварий и запроектных аварий, данные в ПБЯ РУ АС-89 ПНАЭ Г-1-024-90, 1990.:

- Нормальная эксплуатация РУ - эксплуатация РУ в определенных проектом РУ эксплуатационных пределах и условиях;
- Нарушение нормальной эксплуатации РУ – состояние РУ, характеризующееся нарушением эксплуатационных пределов и условий;

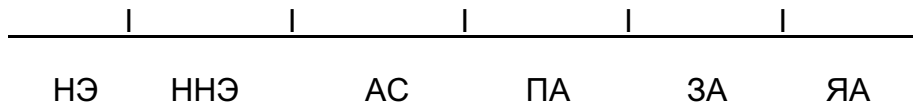
- Аварийная ситуация – состояние АС, характеризующееся нарушением пределов и/или условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию;

- Проектная авария - авария, для которой техническим проектом РУ определены исходные события и конечные состояния РУ, и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие с учетом принципа единичного отказа систем безопасности или одной, независимой от исходного события ошибки персонала ограничение её последствий установленными для таких аварий пределами;

- Запроектная авария – авария, вызванная не учитываемыми при проектных авариях исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности сверх единичного отказа, реализацией ошибочных решений персонала, которые могут привести к тяжёлым повреждениям барьеров безопасности сверх пределов предусмотренных для проектных аварий;

- Ядерная авария - авария, связанная с нарушением контроля и управления цепной ядерной реакцией в активной зоне реактора, приводящая к расплавлению АЗ и выбросам радиоактивности превышающим пределы, установленные проектом для ПА и ЗА.

Перечисленные определения позволяют определить основу классификации последствий.



Приведенную выше лингвистическую шкалу последствий, с учетом ее детализации можно перевести в численную шкалу используя установленные пределы: - по активности теплоносителя; по выходу активности в помещения АЭС; по выходу активности на промплощадку; по выходу активности в санитарную зону (окружающую среду). Безразмерную шкалу последствий можно получить нормируя ее на один из указанных пределов.