

Моделирование аварийной ситуации на АЭС при разрыве паропровода между парогенератором и быстродействующим запорным отсекающим клапаном

А.Б. Тарнавский

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности,
Украина, г. Львов, ул. Клепаровская, 35, e-mail: ndr@lipb.lviv.ua

Анализ аварийных ситуаций, которые возникли на промышленных площадках АЭС Украины и других государств за последние годы, показал, что нарушения нормальной работы АЭС были вызваны отключением энергоблоков от энергосети, разгрузкой реакторной установки или их остановкой, отказом важного для АЭС оборудования, нетрудоспособностью каналов систем безопасности. Ежегодно перегрузка ядерного топлива на энергоблоках способствует возникновению аварийных ситуаций (приблизительно 30 % от общего количества нарушений в работе АЭС). При этом установлено, что основной причиной возникновения аварийных ситуаций во время перегрузочных работ является несимметрическое захлаживание активной зоны реактора и локальное возрастание коэффициентов неравномерности энерговыделения.

В связи с этим при помощи методологии трехмерного взаимосвязанного нейтронно-теплогидравлического анализа с использованием кода RELAP5-3D были смоделированы причины и последствия при разрыве паропровода между парогенератором и быстродействующим запорным отсекающим клапаном (БЗОК) на ЯЭУ с реактором ВВЭР-1000/ В-320 (рис.).

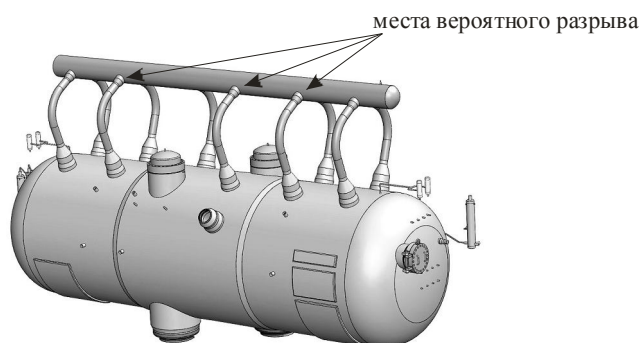


Рис. Принятые места вероятного разрыва паропровода.

При моделировании разрыва в данных местах от технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов получали сигналы об срабатывании сигнала “Аварийная защита” и закрытие БЗОК, падении давления пара в паропроводе меньше 4,9 МПа, возрастании температуры в “горячей” нити первого контура выше 200 °С.

При аварии вследствие снижения давления в аварийном парогенераторе возрастает парообразование. При этом температура охлаждающей воды аварийной петли на входе в

реактор понижается и приводит к образованию неоднородного распределения температур теплоносителя на входе в активную зону.

Вследствии захлаживания квадранта активной зоны и возрастания плотности теплоносителя увеличивается плотность нейтронного потока, что приводит к возрастанию мощности реактора и возврат в критическое состояние.

На протяжении всего времени моделирования эксперимента активная зона оставалась в сравнительно глубоком подкритическом состоянии вплоть до опустошения аварийного парогенератора. При этом не наблюдалось локального возрастания мощности реактора в захлаженном квадранте. Зато после срабатывания сигнала “Аварийная защита” в конце эксперимента возникает значительный рост общей мощности реактора, особенно в захлаженном квадранте активной зоны.

При анализе полученных зависимостей изменения тепловой мощности во времени наблюдается слабая зависимость критериальных параметров от повышения номинального уровня мощности $N_{\text{ном}}/N_{\text{ном0}}$. В это же время запас при повышении тепловой мощности $N_{\text{ном}}/N_{\text{ном0}}$ не исчерпывается полностью. Также наблюдается выполнение критериев для повышения тепловой мощности до 110 % $N_{\text{ном0}}$. На мощности реактора 112 % $N_{\text{ном0}}$ реализуется кратковременное ($\approx 12-13$ с) превышение приемного критерия по температуре плавления топлива первого года работы (2840 °C). Для более выгоревшего топлива температура не превышает 2450 °C и плавление топлива не происходит.

Таким образом, впоследствии понижения давления в парогенераторе и паропроводе может подаваться команда на отключение ГЦН и аварийного отключения всей аварийной нити первого контура.

Список литературы

1. The RELAP-3D[®] Code Development Team. RELAP-3D[®] Code Manual Volume I: Code structure, system models, and solution methods, INEEL-EXT-98-00834, Revision 2.3. – Idaho Falls, Idaho, April 2005.
2. Технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 3 ЮУАЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320). РГ.3.3810.0009. – Южноукраинск, 2004.
3. Федик И.И., Колесов В.С., Михайлов В.Н. Температурные поля и термонапряжения в ядерных реакторах. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 280 с.