

УДК 662.642:621.926.7

Я.Л.Демидова (6 курс, каф. УЗЧС), В.И.Гуменюк, д.т.н., проф.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Проблема обеспечения ядерной и радиационной безопасности всегда являлась одной из важнейших для России. Даже те страны, которые тратят достаточные суммы на безопасность атомных и радиационно-опасных объектов, сегодня не дают гарантию их надежности. Российские же предприятия ядерного топливного цикла ежегодно не получают необходимого финансирования на самые необходимые потребности.

Настоящая работа посвящена расчету и анализу параметров безопасности технологического процесса перегрузки активной зоны энергоблока атомной электростанции (АЭС). В соответствии с нормативными документами по безопасности, действующими в атомной энергетике, операции по перегрузке ядерного топлива относятся к ядерно- и радиационно-опасным работам. Это делает актуальным выполнение анализа безопасности.

– В настоящее время на действующих блоках АЭС с реакторными установками типа ВВЭР-1000 перегрузка ядерного топлива осуществляется в ручных режимах управления, где существенная роль в обеспечении функции безопасности возлагается на оператора. Основываясь на опыте эксплуатации АЭС с реакторами типа ВВЭР, концерн «Росэнергоатом» разработал концепцию для модернизации машин перегрузочных. Целью модернизации является повышение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) при обеспечении проектных условий безопасной эксплуатации.

На настоящий момент скорости перемещения ТВС имеют следующие значения:

- скорость извлечения/установки ТВС в реакторе – 0,6 м/мин;
- скорость извлечения установки ТВС в других местах зоны обслуживания – 2 м/мин.

Совмещение перемещений механизмов перегрузочной машины приводит, в первую очередь, к сокращению времени горизонтальных перемещений перегрузочной машины. Таким образом, время выполнения одного технологического цикла перегрузки ТВС уменьшилось с 45-60 минут до 20-25 минут. Однако, реализация новых функциональных требований невозможна при выполнении транспортно-технологических операций с ядерным топливом в ручном режиме управления. Поэтому единственным способом реализации новых функциональных требований является внедрение автоматического режима управления технологическим процессом перегрузки ядерного топлива. При этом ответственность за обеспечение безопасности от оператора переносится на функцию защит и блокировок системы управления.

В 2004 году ЗАО «Диаконт» были завершены работы по модернизации перегрузочной машины блока №3 Калининской АЭС. На основании полученных результатов работы перегрузочной машины блока №3 Калининской АЭС в автоматических режимах были сделаны следующие выводы:

– модернизация МП и систем управления МП должны осуществляться на основании проведенного количественного анализа безопасности технологического процесса перегрузки активной зоны;

– в качестве объекта анализа безопасности должен рассматриваться технологический процесс перегрузки активной зоны в целом, включая все оборудование, задействованное в процессе перегрузки, с учетом всех возможных нарушений технологического процесса;

– транспортно-технологические операции с ядерным топливом в автоматическом режиме должны выполняться только при наличии необходимого и достаточного количества защит и блокировок;

– количество и качество защит и блокировок, обеспечивающих безопасное выполнение транспортно-технологических операций с ядерным топливом в автоматическом режиме, должно определяться на основании результатов анализа безопасности;

– результаты анализа безопасности должны содержать количественную оценку вероятности повреждений ядерного топлива на разных стадиях выполнения технологического процесса перегрузки активной зоны.

Целью выполнения анализа и оценки безопасности технологического процесса перегрузки активной зоны энергоблока АЭС являются:

– получение количественной и качественной оценки ядерной и радиационной безопасности технологического процесса перегрузки активной зоны, в том числе по отдельным этапам кампании перегрузки и отдельным технологическим операциям;

– оценка влияния на показатели безопасности конкретных защит и блокировок, отдельных единиц оборудования, возможных ошибок персонала;

– оценка влияния на показатели безопасности качества выполнения работ по калибровке измерительных каналов;

– определение влияния отказов по общей причине на безопасность процесса перегрузки;

– разработка рекомендаций по повышению безопасности технологического процесса перегрузки ядерного топлива, в том числе по количественному составу защит и блокировок, уточнению требований к оборудованию, требований к регламенту проведения эксплуатационных проверок и испытаний.

Полученный результат показывает, что после стендовой отладки вероятность отказа ПО остается достаточно высокой и существенно превышает вероятность отказа технических средств, в которых используется ПО ($2 \cdot 10^{-5}$). Отладку ПО необходимо продолжать на этапе функциональной настройки системы управления и в процессе сопровождения опытной эксплуатации. Полученное значение вероятности отказа ПО может быть использовано для проведения предварительного анализа безопасности технологического процесса перегрузки топлива с последующим уточнением по результатам эксперимента.