

Д. В. Билей, В. Н. Ващенко **, В. В. Злочевский **, В. И. Скалзубов *

ГП НАЭК «Энергоатом», Киев

* Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев

** Государственная экологическая академия последипломного образования и управления

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ (СВОДНОЙ) ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС УКРАИНЫ

Рассмотрен перспективный риск-ориентированный подход обоснования решений по разработке и внедрению мероприятий отраслевой программы повышения безопасности АЭС Украины.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), безопасность, показатели риска, критерии риска, риск-ориентированные подходы.

Риск-ориентированные подходы (РОП) нашли широкое применение в различных отраслях науки и техники для оценки вероятностных показателей риска в зависимости от вероятностей возникновения потенциально опасных исходных событий и их последствий. В ядерной энергетике традиционные РОП применяются, в основном, при разработке отчетов по анализу безопасности (ОАБ) для оценки вероятностных показателей безопасности энергоблоков АЭС: частоты повреждения активной зоны (ЧПАЗ) и частоты предельного аварийного выброса (ЧПАВ). Соответствие этих показателей нормативным требованиям (критериям) [1] по допустимым вероятностям возникновения аварий с повреждением активной зоны реактора и с предельными аварийными выбросами позволяют в принципе оценить приемлемость уровня безопасности энергоблока АЭС. Разработанные ОАБ с применением традиционных РОП применялись и применяются для лицензирования и продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС Украины.

Основные ограничения применения традиционных РОП связаны со следующими факторами:

1. *Недостаточность вероятностных показателей ЧПАЗ, ЧПАВ и соответствующих нормативных критериев для объективной оценки безопасности энергоблоков АЭС.* Так, принципиальная критика применения вероятностного анализа безопасности (ВАБ), оценивающего ЧПАЗ, ЧПАВ и другие вероятностные показатели безопасности, обычно (см., например, обзор [2]) сводится к примеру Чернобыльской аварии: согласно нормативным требованиям, которым удовлетворял проект АЭС, вероятность такой аварии не более одного раза за 10 млн лет. Однако эта авария произошла в первые годы эксплуатации 4-го энергоблока ЧАЭС. В действительности такие примеры не отрицают целесообразности применения вероятностных показателей и критериев безопасности, а лишь определяют их недостаточность для комплексного анализа безопасности энергоблоков АЭС.

2. *Ограниченные возможности традиционных РОП в ВАБ для решения ряда актуальных задач:*

оптимизация планирования испытаний, технического обслуживания и ремонта (ТОиР) из-за недостаточной чувствительности (в пределах погрешностей вероятностных оценок) параметров регламента (графиков, периодичности, продолжительности и объемов работ) на интегральные показатели ЧПАЗ и ЧПАВ;

модернизация систем, важных для безопасности (СВБ), из-за отсутствия детерминистских показателей и критериев, связанных с экономическими затратами и работоспособностью модернизированных систем;

оптимизация эксплуатационного контроля из-за недостаточной чувствительности технических характеристик средств контроля на ЧПАЗ и ЧПАВ и др.

© Д. В. Билей, В. Н. Ващенко, В. В. Злочевский, В. И. Скалзубов, 2011

Таким образом, актуальным вопросом является пересмотр как терминологии, так и идеологии РОП для расширения возможности их применения при решении задач в области повышения безопасности и эффективности эксплуатации с учетом комплексного подхода определения (оценки) показателей и критериев риска вероятностными и детерминистскими методами, а также целевой функции принятия конкретного решения. Для примера, в таблице приведены в рамках нового понимания риск-ориентированных подходов в ядерной энергетике показатели и критерии риска для перспективного решения приоритетных мероприятий отраслевой программы повышения безопасности АЭС Украины [3].

Показатели и критерии риска приоритетных мероприятий по повышению безопасности и эффективности эксплуатации

№	Мероприятие	Показатели риска	Критерии риска
1.	Внедрение дополнительной системы контроля межконтурных течей для автоматизации управления авариями	П1. Вероятностный показатель риска повреждения активной зоны реактора (ЧПАЗ)	К1. Допустимая согласно [1] вероятность возникновения тяжелой аварии с повреждением активной зоны
		П2. Детерминистский показатель риска повреждения активной зоны реактора по температуре оболочек ТВЭЛ	К2. Проектный предел по допустимой температуре оболочек ТВЭЛ
		П3. Вероятностный показатель риска возникновения сверхнормативного выброса радиоактивных продуктов (ЧПАВ)	К3. Допустимая согласно [1] вероятность аварии с предельным выбросом/сбросом радиоактивных продуктов
		П4. Детерминистский показатель риска разрушения системы герметичных ограждений (СГО) реакторной установки	К4. Проектные пределы по допустимым нагрузкам на СГО
		П5. Детерминистский показатель риска радиоактивного облучения людей и загрязнения окружающей среды	К5. Установленные санитарные нормы по радиоактивному облучению людей и загрязнению окружающей среды
		П6. Вероятностный показатель риска отказа/неработоспособности системы (в том числе по причине ошибочных действий персонала)	К6. Проектные показатели надежности системы
		П7. Детерминистский показатель риска необоснованных (неэффективных) экономических затрат	К7. Оптимальное соотношение эффекта повышения безопасности и экономических затрат (принцип ALARA)
2.	Модернизация/замена системы сброса в окружающую среду (БРУ-А) для повышения надежности управления авариями с межконтурными течами (в неквалифицированных по проекту условиях)	П1. Вероятностный показатель риска повреждения активной зоны реактора (ЧПАЗ)	К1. Допустимая согласно [1] вероятность возникновения тяжелой аварии с повреждением активной зоны
		П2. Детерминистский показатель риска повреждения активной зоны реактора по температуре оболочек ТВЭЛ	К2. Проектный предел по допустимой температуре оболочек ТВЭЛ
		П3. Вероятностный показатель риска возникновения сверхнормативного выброса радиоактивных продуктов (ЧПАВ)	К3. Допустимая согласно [1] вероятность аварии с предельным выбросом/сбросом радиоактивных продуктов
		П4. Детерминистский показатель риска СГО реакторной установки	К4. Проектные пределы по допустимым нагрузкам на СГО

№	Мероприятие	Показатели риска	Критерии риска
		П5. Детерминистский показатель риска радиоактивного облучения людей и загрязнения окружающей среды	К5. Установленные санитарные нормы по радиоактивному облучению людей и загрязнению окружающей среды
		П6. Вероятностный показатель риска отказа/неработоспособности системы (в том числе по причине ошибочных действий персонала)	К6. Проектные показатели надежности системы
		П7. Детерминистский показатель риска необоснованных (неэффективных) экономических затрат	К7. Оптимальное соотношение эффекта повышения безопасности и экономических затрат (принцип ALARA)
		П8. Детерминистский показатель риска незакрытия клапана БРУ-А неквалифицированными по проекту условиями (при запроектных авариях)	К8. Допустимые нагрузки на рабочий орган клапана при закрытии БРУ-А
3.	Установка дополнительных запорно-регулирующих клапанов (ЗРК) на напорных линиях активной части системы аварийного охлаждения зоны (САОЗ) для повышения надежности управления авариями с течами 1-го контура (в том числе из 1-го контура во 2-й)	П1. Вероятностный показатель риска повреждения активной зоны реактора (ЧПАЗ)	К1. Допустимая согласно [1] вероятность возникновения тяжелой аварии с повреждением активной зоны
		П2. Детерминистский показатель риска повреждения активной зоны реактора по температуре оболочек ТВЭЛ	К2. Проектный предел по допустимой температуре оболочек ТВЭЛ
		П3. Вероятностный показатель риска возникновения сверхнормативного выброса радиоактивных продуктов (ЧПАВ)	К3. Допустимая согласно [1] вероятность аварии с предельным выбросом/сбросом радиоактивных продуктов
		П4. Детерминистский показатель риска разрушения СГО реакторной установки	К4. Проектные пределы по допустимым нагрузкам на СГО
		П5. Детерминистский показатель риска радиоактивного облучения людей и загрязнения окружающей среды	К5. Установленные санитарные нормы по радиоактивному облучению людей и загрязнению окружающей среды
		П6. Вероятностный показатель риска отказа/неработоспособности системы (в том числе по причине ошибочных действий персонала)	К6. Проектные показатели надежности системы
		П7. Детерминистский показатель риска необоснованных (неэффективных) экономических затрат	К7. Оптимальное соотношение эффекта повышения безопасности и экономических затрат (принцип ALARA)
		П9. Детерминистский показатель риска возникновения неустойчивых режимов регулирования	К9. Область параметров устойчивой работы регуляторов
4.	Оптимизация регламента плановых испытаний, ТОиР СВБ	П10. Вероятностный показатель риска невыполнения проектных функций и/или отсутствия контроля (в том числе по причине	К10. Проектные показатели надежности выполнения назначенных функций и контроля состояния систем
5.	Оптимизация контроля		

№	Мероприятие	Показатели риска	Критерии риска
	концентрации борной кислоты теплоносителя	ошибочных действий персонала)	
6.	Внедрение концепции ремонта по техническому состоянию (по надежности)	П11. Вероятностный показатель риска необнаружения дефектов/скрытых отказов	К11. Проектные показатели надежности контроля технического состояния
		П12. Вероятностные показатели риска снижения безопасности и/или останова энергоблока по причине отказа системы	К1. Допустимая согласно [1] вероятность возникновения тяжелой аварии с повреждением активной зоны и/или условия ввода энергоблока в аварийный останов

Из приведенных примеров следует, что набор и содержание показателей (P_i) и соответствующих критериев риска (K_i) зависит от целевой функции внедрения конкретных мероприятий, т.е. от целей и задач модернизации систем, а также определяющих параметров показателей риска по надежности, безопасности и эффективности. Кроме традиционных показателей риска (ЧПАЗ, ЧПАВ) в рамках перспективных РОП используются вероятностные показатели риска невыполнения проектных функций, необнаружения критических дефектов/скрытых отказов, потери контроля за состоянием системы, а также детерминистские показатели (критерии) работоспособности и эффективности мероприятий по модернизации. Внедрение мероприятий по модернизации обосновано при полном соответствии назначенных показателей риска P_i установленным критериям риска K_i .

Таким образом, предлагаемые перспективные риск-ориентированные подходы позволяют в отличие от традиционных РОП существенно расширить возможности и обоснованности их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *НП 306.2.141-2008.* Загальні положення безпеки АС (ОПБУ-2008).
2. *Скалозубов В.И., Ключников А.А., Колыханов В.Н.* Основы управления запроектными авариями с потерей теплоносителя на АЭС с ВВЭР. – Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2010. – 400 с.
3. *Комплексная (сводная) программа повышения безопасности АЭС Украины / ГП НАЭК «Энергоатом».* - 2010.

Д. В. Білей, В. М. Ващенко, В. В. Злочевський, В. І. Скалозубов

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ВПРОВАДЖЕННЯ РИЗИК-ОРИЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ (ЗВЕДЕНОЇ) ПРОГРАМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ АЕС УКРАЇНИ

Розглянуто перспективний ризик-орієнтований підхід обґрунтування рішень по розробці та впровадженню заходів галузевої програми підвищення безпеки АЕС України.

Ключові слова: атомна електростанція (АЕС), безпека, показники ризику, критерії ризику, ризик-орієнтовані підходи.

D. V. Biley, V. N. Vashchenko, V. V. Zlochevsky, V. I. Skalozubov

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF RISK-ORIENTED APPROACH TO IMPLEMENT THE COMPREHENSIVE (CONSOLIDATED) TRAINING PROGRAM SECURITY UKRAINIAN NPP

The article presents a perspective of risk-based approach inform decisions on development and implementation of activities of branch program safer nuclear power plants in Ukraine.

Keywords: nuclear power plants (NPP), safety, risk criteria, risk criteria, risk-assessment approach.

Поступила в редакцію 04.04.11