

КОММЕНТАРИИ К КОМПЛЕКСНОЙ (СВОДНОЙ) ПРОГРАММЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС УКРАИНЫ

А. А. Ключников, В. И. Скалозубов, А. В. Шавлаков¹

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев

¹ГП НАЭК «Энергоатом», Киев

Приведен анализ отдельных приоритетных мероприятий новой долгосрочной отраслевой программы по повышению безопасности АЭС Украины и предложены рекомендации для успешного решения поставленных задач.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР), повышение безопасности, система, важная для безопасности.

Общие положения

В 2010 г. Национальной атомной энергетической компанией (НАЭК) Украины по согласованию с Госатомрегулированием Украины в рамках выполнения долгосрочной государственной стратегии повышения безопасности энергоблоков введена в действие Комплексная (сводная) программа повышения безопасности энергоблоков АЭС Украины (далее – КСПБ), которая фактически является продолжением начатых в 1980-х годах следующих основных программ по повышению безопасности (с учетом ратифицированной Украиной в 1997 г. Конвенции по ядерной безопасности):

Сводные мероприятия по повышению безопасности действующих энергоблоков с реакторами ВВЭР и РБМК» СМ-88 и СМ-90;

Программа повышения безопасности АЭС с реакторными установками ВВЭР-1000, 440 (1994);

Программа первоочередных работ по повышению безопасности АЭС с реакторными установками ВВЭР-1000, ВВЭР-440 (1994);

Свод мероприятий по повышению безопасности действующих энергоблоков АЭС Украины с реакторами типа ВВЭР-1000 (320) (1999);

Программа приоритетных мероприятий по повышению безопасности энергоблоков АЭС Украины (1999);

Комплексная программа модернизации и повышения безопасности энергоблоков атомных электростанций, одобренная распоряжением Кабинета Министров Украины № 504-р от 29.08.02 г.;

Концепция повышения безопасности действующих энергоблоков атомных электростанций, одобренная распоряжением Кабинета Министров Украины № 515-р от 13.12.05 г. Срок действия «Концепции повышения безопасности действующих энергоблоков атомных электростанций» закончился в 2010 г.

Анализ указанных программ по повышению безопасности АЭС показывает, что КСПБ значительно улучшена в части обоснованности мероприятий (на основе проведенного углубленного анализа безопасности пилотных энергоблоков АЭС Украины), детализации, конкретизации и структуризации. Все мероприятия ранжированы по пяти категориям в зависимости от их влияния на основные вероятностные показатели безопасности (частота повреждения активной зоны – ЧПАЗ, частота предельного аварийного выброса – ЧПАВ).

По результатам категоризации определены приоритеты мероприятий КСПБ в соответствии со следующим подходом (см. таблицу):

к приоритету I отнесены мероприятия с очень высоким и высоким влиянием на безопасность (категории IV, III);

к приоритету II отнесены мероприятия со средним и малым влиянием на безопасность (категории II, I), а также неранжированные мероприятия, относящиеся к аналитическим исследованиям по безопасности;

к приоритету III отнесены мероприятия с незначительным влиянием на безопасность (категория 0 и без категории).

| Наименование категории (с точки зрения повышения безопасности энергоблока) | Количественный критерий | | Качественный критерий Коэффициент для принятия решений |
|---|-------------------------|---------------------|--|
| | ЧПАЗ, 1/год | ЧПАВ, 1/год | |
| Категория 0 - незначительное влияние | $< 1 \cdot 10^{-7}$ | $< 1 \cdot 10^{-8}$ | 1 |
| Категория I - малое влияние (значимость) | $< 1 \cdot 10^{-6}$ | $< 1 \cdot 10^{-7}$ | 2 - 8 |
| Категория II - среднее влияние (значимость) | $< 1 \cdot 10^{-5}$ | $< 1 \cdot 10^{-6}$ | 9 - 16 |
| Категория III - высокое влияние (значимость) | $< 1 \cdot 10^{-4}$ | $< 1 \cdot 10^{-5}$ | 17 - 25 |
| Категория IV - очень высокое влияние (значимость) | $> 1 \cdot 10^{-4}$ | $> 1 \cdot 10^{-5}$ | > 25 |

Комментарии и рекомендации

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины (ИПБ АЭС НАНУ) активно участвовал и продолжает участвовать в научно-технической поддержке реализации ряда мероприятий по повышению безопасности АЭС Украины, что позволяет предложить на рассмотрение отдельные комментарии и рекомендации, которые могут способствовать успешному выполнению КСПБ.

Мероприятие № 13302 «Обеспечение работоспособности БРУ-А при истечении пароводяной смеси, воды, а также с обеспечением надежного выполнения функции аварийного сброса давления» имеет наивысшую категорию значимости для безопасности (IV) и I приоритет выполнения. ИПБ АЭС НАНУ принимал активное участие в технических обоснованиях реализации этого мероприятия для 5-го блока Запорожской АЭС (ЗАЭС) (Концептуальное техрешение 123456.РО.ТХ.РШ.2235 от 08.05.10 г.).

КСПБ предусмотрена адаптация этих результатов для других энергоблоков с ВВЭР-1000/В-320, которая *не может быть проведена без дополнительных технических обоснований* по следующим основным причинам:

1) технические обоснования для 5-го энергоблока ЗАЭС основывались на *специфических* данных по опыту эксплуатации и проведения испытаний, надежности, внешним и внутренним «жестким» условиям, результатам вероятностного анализа безопасности и т.п., которые не могут быть распространены на другие энергоблоки без достаточных обоснований;

2) существуют техобоснования и техрешения по этому мероприятию, разработанные Южно-Украинской АЭС (ЮУАЭС) для малосерийных ВВЭР-1000, которые принципиально отличаются от результатов для 5-го энергоблока ЗАЭС.

Таким образом, актуальным и целесообразным является проведение в рамках КСПБ дополнительных технических обоснований по адаптации результатов, полученных для 5-го энергоблока ЗАЭС, на другие энергоблоки с ВВЭР-1000 /В-320.

Мероприятие № 13402 «Модернизация САОЗ ВД для обеспечения возможности управления давлением на напоре при работе насоса системы на 1-й контур» также относится к IV категории значимости для безопасности и к I приоритету. При аварии, связанной с течью теплоносителя 1-го контура во 2-й, происходит опорожнение компенсатора давления, быстрое снижение давления в 1-м контуре, срабатывает аварийная защита и включаются в работу системы безопасности. При этом возможно срабатывание паросбросных устройств на аварийном парогенераторе в начальный момент развития процесса и повторный рост давления в аварийном парогенераторе за счет работы каналов систем безопасности TQ13(23,33) на 1-й контур. Проектным алгоритмом системы аварийного охлаждения аварийной зоны не предусмотрена возможность управлять давлением и расходом теплоносителя системы, что создает сложность для управления аварийным процессом и является предпосылкой ошибочных действий.

Одним из возможных путей модернизации системы аварийного охлаждения аварийной зоны насосами высокого давления (САОЗ ВД) являются технические обоснования и решения ЮУАЭС по установке дополнительных регуляторов (ЗРК) на напорной магистрали САОЗ ВД. Предварительный анализ специалистами ИПБ АЭС НАНУ показал, что эффективность работы ЗРК САОЗ ВД может быть обеспечена только в случае настройки работы регуляторов с учетом скорости изменения теплогидродинамических параметров и конфигураций систем, обеспечивающих охлаждение реактора в процессе аварии. В противном случае могут возникнуть неустойчивые автоколебательные теплогидродинамические процессы, которые существенно снижают надежность регулирования и обеспечения условий безопасности.

Таким образом, требуются дополнительные технические обоснования необходимости установки ЗРК САОЗ ВД.

Мероприятие № 13403 «Модернизация САОЗ НД для обеспечения возможности управления расходом при работе насоса системы на 1-й контур» относится к IV категории значимости для безопасности. Одним из предполагаемых решений этого мероприятия является установка дополнительных регуляторов на напоре системы аварийного охлаждения аварийной зоны насосами низкого давления (САОЗ НД), что (как и в случае с САОЗ ВД) может привести к недопустимым автоколебательным режимам. Поэтому также необходимы дополнительные технические обоснования по эффективности работы регуляторов на напоре САОЗ НД в отношении условий устойчивости.

Мероприятие № 12401 «Разработка и реализация организационно-технических мероприятий по управлению аварией: течь теплоносителя из 1-го контура во 2-й эквивалентным сечением Ду 100» также относится к IV категории значимости для безопасности. Одним из направлений решения этого мероприятия является внедрение альтернативной системы контроля межконтурных течей (далее – система) для автоматизации управления аварией.

Предварительный анализ ИПБ АЭС НАНУ показывает, что внедрение указанной системы не оказывает существенного влияния на повышение безопасности (уменьшение ЧПАЗ в пределах погрешностей вероятностных оценок) при относительно высоких экономических затратах (не соответствует общепринятому принципу ALARA). Существенное влияние на показатели безопасности может быть только в случае *полностью* автоматизированного алгоритма, реализация которого находится в неопределенной перспективе.

Таким образом, необходимы дополнительные технико-экономические обоснования целесообразности внедрения системы.

Мероприятие № 13503 «Организация новых мест контроля концентрации бора-10 в системах, связанных с 1-м контуром» является одним из приоритетных мероприятий КСПБ. В 1990-х годах специалистами Одесского филиала ГНТЦ ЯРБ для ЗАЭС на основе риск-ориентированных подходов были разработаны технические обоснования по оптимизации средств и мест контроля концентрации бора (НАР-Б), которые подтверждают неэффективность проекта по количеству и местам расположения НАР-Б. Эти результаты, несомненно, должны быть учтены при реализации указанного мероприятия КСПБ.

Мероприятие № 12402 «Оптимизация стратегий техобслуживаний и ремонтов (в т.ч. на основе вероятностных подходов)» в большей степени относится к программе повышения коэффициента установленной мощности (КИУМ), что и определило достаточно низкую его значимость для безопасности и приоритета. ИПБ АЭС НАНУ в течение многих лет (в том числе со специалистами Одесского филиала ГНТЦ ЯРБ) активно занимается вопросами оптимизации ремонта энергоблоков и испытаний систем, важных для безопасности (СВБ). Основным результатом этой деятельности являются разработанные и утвержденные стандарты НАЭК по нормам продолжительности планово-предупредительных ремонтов (ППР) ВВЭР-1000, 440, которые на 15 – 20 % ниже ранее действовавших норм и обеспечивают значительный экономический эффект.

Одним из эффективных дальнейших мероприятий по сокращению продолжительности ППР (повышению КИУМ) является *оптимизация испытаний СВБ* (в т.ч. и в межремонтный период). ИПБ АЭС НАНУ располагает оригинальным (не имеющим мировых аналогов) методическим обеспечением [1], основанным на риск-ориентированных подходах, которое позволяет осуществлять решение этих задач.

Оптимизация испытаний СВБ позволит сократить продолжительность ППР до 10 суток/энергоблок, что даст возможность ядерной энергетике Украины достичь КИУМ ведущих ядерных держав мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скалозубов В. И., Ключников А. А., Комаров Ю. А., Шавлаков А. В. Научно-технические основы мероприятий повышения безопасности АЭС с ВВЭР. – Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2010. – 200 с.

КОМЕНТАРІ ДО КОМПЛЕКСНОЇ (ЗВЕДЕНОЇ) ПРОГРАМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС УКРАЇНИ

О. О. Ключников, В. І. Скалозубов, О. В. Шавлаков

Наведено аналіз окремих пріоритетних заходів нової довгострокової галузевої програми по підвищенню безпеки АЕС України і запропоновано рекомендації для успішного вирішення поставлених завдань.

Ключові слова: атомна електростанція (АЕС), водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР), підвищення безпеки, система, важлива для безпеки.

COMMENTS TO THE COMPLEX (SUMMARY) PROGRAM FOR INCREASING SAFETY OF POWER UNITS OF UKRAINIAN NPPS

O. O. Klyuchnykov, V. I. Skalozubov, O. V. Shavlakov

The paper presents the analysis of separate priority measures of the new long-term branch program for increasing safety of Ukrainian NPPs and offers recommendations to decide these tasks successfully.

Keywords: nuclear power plant (NPP), water-water power reactor (WWER), increasing safety, safety related system.

Поступила в редакцію 09.03.11