

INSAG-25

Структура
процесса принятия
решений на основе
комплексного
риск-ориентированного
подхода

INSAG-25

ДОКЛАД
МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

INSAG



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

В соответствии со статьей III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм МАГАТЭ по безопасности. В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

Информацию о программе МАГАТЭ по нормам безопасности можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм МАГАТЭ по безопасности предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они попрежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

МАГАТЭ обеспечивает применение норм и в соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **TECDOC**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научноисследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

СТРУКТУРА
ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЛЕКСНОГО
РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПОДХОДА

INSAG-25

ДОКЛАД МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	КАЗАХСТАН	ПАПУА-НОВАЯ ГВИНЕЯ
АВСТРИЯ	КАМБОДЖА	ПЕРУ
АЗЕРБАЙДЖАН	КАМЕРУН	ПОЛЬША
АЛБАНИЯ	КАНАДА	ПОРТУГАЛИЯ
АЛЖИР	КАТАР	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
АНГОЛА	КЕНИЯ	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АРГЕНТИНА	КИПР	РУАНДА
АРМЕНИЯ	КИТАЙ	РУМЫНИЯ
АФГАНИСТАН	КОЛУМБИЯ	САЛЬВАДОР
БАГАМСКИЕ ОСТРОВА	КОНГО	САН-МАРИНО
БАНГЛАДЕШ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
БАХРЕЙН	КОСТА-РИКА	СВАЗИЛЕНД
БЕЛАРУСЬ	КОТ-д'ИвуАР	СВЯТОЙ ПРЕСТОЛ
БЕЛИЗ	КУБА	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БЕЛЬГИЯ	КУВЕЙТ	СЕНЕГАЛ
БЕНИН	КЫРГЫЗСТАН	СЕРБИЯ
БОЛГАРИЯ	ЛАТВИЯ	СИНГАПУР
БОЛИВИЯ	ЛАОССКАЯ НАРОДНО-	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ	РЕСПУБЛИКА
БОТСВАНА	РЕСПУБЛИКА	СЛОВАКИЯ
БРАЗИЛИЯ	ЛЕСОТО	СЛОВЕНИЯ
БРУНЕЙ-ДАРУССАЛАМ	ЛИБЕРИЯ	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
БУРКИНА-ФАСО	ЛИВАН	ВЕЛИКОБРИТАНИИ
БУРУНДИ	ЛИВИЯ	И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП.	ЛИТВА	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ
МАКЕДОНИЯ	ЛИХТЕНШТЕЙН	АМЕРИКИ
ВЕНГРИЯ	ЛЮКСЕМБУРГ	СУДАН
ВЕНЕСУЭЛА,	МАВРИКИЙ	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
БОЛИВАРИАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	МАВРИТАНИЯ,	ТАДЖИКИСТАН
ВЬЕТНАМ	ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ТАИЛАНД
ГАБОН	МАДАГАСКАР	ТОГО
ГАИТИ	МАЛАВИ	ТРИНИДАД И ТОБАГО
ГАНА	МАЛАЙЗИЯ	ТУНИС
ГВАТЕМАЛА	МАЛИ	ТУРЦИЯ
ГЕРМАНИЯ	МАЛЬГА	УГАНДА
ГОНДУРАС	МАРОККО	УЗБЕКИСТАН
ГРЕЦИЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	УКРАИНА
ГРУЗИЯ	МЕКСИКА	УРУГВАЙ
ДАНИЯ	МОЗАМБИК	ФИДЖИ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ	МОНАКО	ФИЛИППИНЫ
РЕСПУБЛИКА КОНГО	МОНГОЛИЯ	ФИНЛЯНДИЯ
ДОМИНИКА	МЬЯНМА	ФРАНЦИЯ
ДОМИНИКАНСКАЯ	НАМИБИЯ	ХОРВАТИЯ
РЕСПУБЛИКА	НЕПАЛ	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ
ЕГИПЕТ	НИГЕР	РЕСПУБЛИКА
ЗАМБИЯ	НИГЕРИЯ	ЧАД
ЗИМБАБВЕ	НИДЕРЛАНДЫ	ЧЕРНОГОРИЯ
ИЗРАИЛЬ	НИКАРАГУА	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ИНДИЯ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ЧИЛИ
ИНДОНЕЗИЯ	НОРВЕГИЯ	ШВЕЙЦАРИЯ
ИОРДАНИЯ	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА	ШВЕЦИЯ
ИРАК	ТАНЗАНИЯ	ШРИ-ЛАНКА
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ	ЭКВАДОР
РЕСПУБЛИКА	АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЭРИТРЕЯ
ИРЛАНДИЯ	ОМАН	ЭСТОНИЯ
ИСЛАНДИЯ	ПАКИСТАН	ЭФИОПИЯ
ИСПАНИЯ	ПАЛАУ	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИТАЛИЯ	ПАНАМА	ЯМАЙКА
ЙЕМЕН	ПАРАГВАЙ	ЯПОНИЯ

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение “более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире”.

INSAG-25

СТРУКТУРА
ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЛЕКСНОГО
РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПОДХОДА

INSAG-25

ДОКЛАД МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2014 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Берн) и пересмотренной в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа продажи и рекламы, Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Vienna International Centre
P.O. Box 100
1400 Vienna, Austria
факс: +43 1 2600 29302
тел.: +43 1 2600 22417
эл. почта: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2014

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Июнь 2014 года
STI/PUB/1499

СТРУКТУРА
ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЛЕКСНОГО
РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА
МАГАТЭ, ВЕНА, 2014 ГОД
STI/PUB/1499
ISBN 978-92-0-406814-6
ISSN 1025-2193

Международная группа по ядерной безопасности (ИНСАГ) - это группа высокопрофессиональных экспертов в области ядерной безопасности, работающих в регулирующих организациях, научно-исследовательских учреждениях, учебных заведениях и ядерной промышленности. Группа ИНСАГ образована под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) с целью выработки авторитетных рекомендаций и руководящих материалов в отношении подходов, политики и принципов обеспечения ядерной безопасности ядерных установок (к которым относятся атомные электростанции, установки топливного цикла, исследовательские реакторы и вспомогательные установки). В частности, ИНСАГ предоставляет через функциональные подразделения МАГАТЭ международному ядерному сообществу и общественности рекомендации и информированные заключения по текущим и возникающим вопросам безопасности.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Председателя ИНСАГ

На международном уровне в целом достигнуто согласие, нашедшее свое отражение в различных документах серии норм МАГАТЭ по безопасности, относящихся к проектированию и эксплуатации АЭС, в отношении того, что как детерминистический, так и вероятностный анализ вносят вклад в обеспечение безопасности реакторов, обеспечивая углубленность, перспективный и комплексный характер и сбалансированность знаний. Поэтому все чаще используется объединение детерминистического и вероятностного анализов в поддержку проектирования, оценки безопасности и эксплуатации. Кроме того, в настоящее время несколькими государствами-членами рассматриваются применение этих подходов к области физической ядерной безопасности.

Детерминистический и вероятностный анализ на выходе дают взаимодополняющие результаты. Поэтому существует необходимость использования некоей структурированной основы для рассмотрения детерминистических и вероятностных методов и результатов их применения. В рамках этого процесса целесообразно стремиться к соблюдению сбалансированности между детерминистическими подходами, вероятностными анализами и другими факторами (см. раздел 3) с тем, чтобы обеспечить комплексный характер процесса принятия решений, при котором оптимальным образом достигается безопасность ядерных реакторов. В настоящем докладе представлена такая основа – которую мы называем «принятие решений на основе комплексного риск-ориентированного подхода» (ПРКРП). В то время как конкретные особенности методов ПРКРП могут меняться по мере достижения лучшего понимания предмета, сама основа, представленная в данном документе, как ожидается, будет применяться в обозримом будущем.

ПРКРП являются результатом интеграции самой разнообразной информации, углубленных представлений и перспектив, а также приверженности проектных, эксплуатирующих организаций и регулирующих органов использованию в своих решениях информации о рисках. Поэтому в настоящем документе основное внимание будет обращено на ключевые аспекты ПРКРП, а также на соображения, которые связаны с их применением и которые следует принимать во внимание для того, чтобы прийти к принятию обоснованных решений на основе риск-ориентированного подхода.

При подготовке настоящего доклада учитывалась необходимость обеспечения его согласованности с публикациями серии норм МАГАТЭ

по безопасности и различными докладами ИНСАГ в области оценки и проверки безопасности; в нем мы стремились сформулировать надлежащий подход к повышению безопасности ядерных реакторов.

Мы благодарны бывшим членам ИНСАГ, в частности А.Биркхоферу (A.Biskhofer), за вклад в подготовку данного доклада. Мы также ценим помощь, которую оказали А.Тадани (A.Tadani), Ф.Эльтавилья (F.Eltawila) и Дж.Вон (G.Vaughan). Разумеется, ответственность за данный доклад лежит на ИНСАГ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
2.	КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРКРП	3
2.1.	Цель ПРКРП	3
2.2.	Пользователи ПРКРП	4
2.3.	Области применения ПРКРП	4
2.4.	Дополнительные преимущества, обеспечиваемые ПРКРП ..	5
2.5.	Процесс ПРКРП	6
3.	ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЦЕССА ПРКРП	7
3.1.	Нормы и образцовая практика	7
3.2.	Опыт эксплуатации	9
3.3.	Детерминистические соображения	9
3.4.	Вероятностные соображения	11
3.5.	Организационные соображения	14
3.6.	Соображения физической безопасности	15
3.7.	Прочие соображения	16
4.	ИНТЕГРАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ IRIDM	16
4.1.	Общая концепция процесса интеграции	17
4.2.	Неопределенности	20
5.	УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРКРП	21
5.1.	Мониторинг исполнения	21
5.2.	Обратная связь	22
6.	ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ ПРКРП	22
7.	ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ	23
	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	25
	ЧЛЕНЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	27

ПУБЛИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.	29
--	----

1. ВВЕДЕНИЕ

1. Деятельность человека и природные явления создают риски и являются потенциальными источниками ущерба. Термин «риск» подразумевает необходимость принятия во внимание ущерба для людей и окружающей среды как в плане масштаба потенциального ущерба, так и его вероятности. Безопасность достигается за счет обеспечения того, чтобы риски удерживались на разумно достижимом на практике низком уровне (ALARP). В рамках концепции ALARP следует применять меры по снижению риска, если только не имеется большой диспропорции между достижимым снижением уровня риска и усилиями, которые необходимо затратить для его снижения.

2. В сферах обеспечения безопасности, физической безопасности и гарантий в странах имеются политика и задачи, определяющие основы проектирования и эксплуатации их атомных электростанций. Общей целью выполнения этих задач является минимизация облучения при нормальной эксплуатации и предотвращение, с высокой степенью уверенности, аварий на атомных электростанциях. Еще одной целью является смягчение последствий в случае, если авария произойдет.

3. основополагающей целью ядерной безопасности является защита населения и окружающей среды от рисков, связанных с ионизирующим излучением. МАГАТЭ опубликовало основополагающие принципы и требования, которые побуждают к учету и анализу информации о рисках наряду с детерминистическими анализами безопасности. Такую оценку можно надлежащим образом выполнить в рамках процесса принятия решений на основе комплексного рискориентированного подхода (ПРКРП). В частности, с помощью ПРКРП можно обеспечить соблюдение принципов из документа «Основополагающие принципы безопасности» [1], относящихся к юридическим полномочиям, руководству и управлению безопасностью, обоснованию установок и деятельности, оптимизации защиты, ограничению рисков в отношении физических лиц, предотвращению аварий и аварийной готовности и реагированию.

4. Кроме того, в документах серии норм МАГАТЭ по безопасности указывается на необходимость комплексной оценки при принятии решений. В частности, в пункте 5.8 документа GSR Part 4 «Оценка безопасности установок и деятельности» [2] определено, что:

«Результаты оценки безопасности надлежит использовать для принятия решений с использованием интегрированного, рискориентированного подхода, при котором результаты и информация, полученные в ходе детерминистических и вероятностных оценок, и любые другие требования учитываются в совокупности при принятии решений по вопросам безопасности в отношении данной установки или деятельности».

5. Вероятностная оценка безопасности (ВОБ) и вероятностные целевые показатели безопасности обеспечивают использование метрики риска в поддержку принятия решений, связанных с ядерной безопасностью, и для укрепления основ их принятия. Для целей рассмотрения и сравнения, с точки зрения безопасности, альтернативных проектных решений и эксплуатации успешно используются многие применения на основе рискориентированного подхода. Кроме того, для комплексной оценки безопасности признаны полезными целевые показатели, установленные для вероятности повреждения активной зоны и вероятности выбросов за пределы площадки. В то же время при любом применении необходимо понимать и учитывать сильные и слабые стороны ВОБ. Во многих странах методы ВОБ используются все более широко, поскольку они придают детерминистической оценке безопасности ядерных установок ценную дополнительную глубину, перспективный и комплексный характер и сбалансированность. Опыт показывает, что комплексный процесс принятия решений, включающий, наряду с детерминистическим и вероятностным анализом, положительную инженерную практику, учет опыта эксплуатации и обоснованные управленческие меры, является эффективным в плане усовершенствования и улучшения проектной безопасности и эксплуатационной безопасности ядерных установок. В настоящем докладе излагаются основы подобного комплексного процесса принятия решений.

6. Целью настоящего доклада является выработка, в рамках международного ядерного сообщества (включющего проектировщиков, поставщиков, строительные организации, лицензиатов, вспомогательные организации и регулирующие органы), единого понимания того, каким образом можно использовать концепцию риска при принятии решений по вопросам безопасности, касающихся ядерных установок. Объединение опыта эксплуатации, детерминистических соображений, вероятностных соображений, учета неопределенностей и прочих факторов (см. раздел 3) помогает обеспечить принятие последовательных и сбалансированных решений [3].

7. В настоящем докладе определены структура, принципы и основные элементы ПРКРП. В нем описана взаимосвязь между этими основными элементами и интеграция предоставляемых для них входных данных. Подчеркнута необходимость документирования решений, информирования о них и контроля их исполнения, включая мониторинг показателей работы и реализацию корректирующих мер.

8. Процесс ПРКРП привносит прозрачность в сложные решения, учитывающие несколько ключевых факторов; обеспечиваемые этим процессом дополнительные преимущества разъяснены в разделе 2.4. Эти факторы могут принимать разные формы, и им могут быть присвоены различные веса, отражающие их относительную важность в данной рассматриваемой ситуации. Явное документирование этих факторов и способа их взвешивания может помочь установить то, насколько конечное решение зависит от этих различных факторов и какое влияние на него оказывают различия в восприятии важности этих факторов разными лицами, принимающими решения. Это дает возможность проанализировать решения и при необходимости пересмотреть их так, чтобы прийти к надежному заключению.

9. Хотя основное внимание в настоящем докладе уделяется использованию ПРКРП в условиях атомных электростанций, включая стационарные системы обращения с отработавшим топливом и его хранения, этот процесс, при должной корректировке, может в равной мере применяться в отношении других ядерных установок и видов деятельности, а также в отношении неядерных применений.

2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРКРП

2.1. ЦЕЛЬ ПРКРП

10. ПРКРП – это систематический процесс, ориентированный на интеграцию основных соображений, влияющих на безопасность атомной электростанции. Основной целью ПРКРП является обеспечение того, чтобы любое решение, затрагивающее ядерную безопасность, было оптимизировано без ненужных ограничений на ведение эксплуатации атомной электростанции. Он подкрепляет решения в области ядерной

безопасности и обеспечивает согласованность с целями безопасности государства-члена.

11. Результат выполнения ПРКРП должен также отвечать следующим принципам:

- поддерживается глубокоэшелонированная защита;
- сохраняются запасы безопасности;
- учитывается образцовая инженерная и организационная практика;
- принимаются в расчет выводы из соответствующего опыта эксплуатации, НИОКР и современные методологии;
- обеспечивается надлежащая интеграция безопасности и физической безопасности;
- соблюдаются соответствующие регулирующие положения.
- Успех мер, реализованных в результате решения, следует рассматривать с учетом наблюдаемого состояния дел.

2.2. ПОЛЬЗОВАТЕЛИ ПРКРП

12. Пользователями ПРКРП являются в первую очередь проектные, эксплуатирующие, регулирующие организации и отдельные лица и организации, оказывающие поддержку регулирующим организациям и энергокомпаниям.

13. Информация, используемая в процессе ПРКРП, полученные результаты и выводы, равно как и обоснования принятых решений, без сомнения, будут представлять интерес также для других заинтересованных сторон, включая правительственные, академические, промышленные и общественные организации и отдельных лиц на различных уровнях в этих структурах.

2.3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРКРП

14. Спектр применений ПРКРП на атомных электростанциях расширяется и включает такие области, как проектирование, лицензирование, регулирующий надзор, эксплуатация, техническое обслуживание, испытания, подготовка оперативного персонала, модификации (временные либо постоянные), периодические рассмотрения безопасности, продление

срока службы, выбор площадки, аварийное планирование, физическая безопасность, защита имущества и вывод из эксплуатации.

15. Процесс ПРКРП применяется для установления требований, которые обращают внимание лицензиата и регулирующего органа на проектные и эксплуатационные вопросы соразмерно их значимости для здоровья и безопасности населения.

16. Процесс ПРКРП используется в целях обеспечения того, чтобы решение, принятое в одной области, не входило в противоречие с другими решениями (например, на участках взаимодействия безопасности и физической безопасности), и для выявления регулирующих положений, подлежащих пересмотру.

2.4 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ ПРКРП

17. Процесс ПРКРП обеспечивает последовательный, прозрачный и сбалансированный подход к обеспечению безопасности. К его преимуществам относятся следующие:

- *повышение безопасности благодаря улучшению понимания факторов, влияющих на безопасность, и учету каждого из этих факторов при принятии решения и его реализации.* Значительные улучшения безопасности, в особенности в части проектных средств атомной электростанции, были достигнуты в результате выявления первоначально не распознанных рисков с помощью систематического вероятностного анализа, что повлекло за собой соответствующие корректирующие меры, использующие дополнительное детерминистическое обоснование;
- *снижение облучения посредством ориентации технического обслуживания на участки, более значимые с точки зрения риска, и сокращения объема ненужной деятельности в зонах с высокими уровнями излучения.* Такие применения, как инспекции в процессе эксплуатации на основе рискориентированного подхода, обеспечивают значительное снижение уровней облучения;
- *повышение производительности установки, эксплуатационной гибкости, экономической эффективности эксплуатации и сокращение объема неоправданных регулирующих положений.* Всеобъемлющее и сбалансированное понимание спектра рисков, связанных с установкой,

позволяет эффективно использовать ресурсы путем использования их для рассмотрения аспектов большей значимости с точки зрения риска и сбережения ресурсов, которые в ином случае могли бы быть израсходованы в связи с аспектами, менее значимыми с точки зрения риска;

- *разработка мер и процедур управления авариями, предназначенных для обеспечения удержания риска аварий с нежелательными последствиями на крайне низком уровне.*

2.5. ПРОЦЕСС ПРКРП

18. Основные элементы процесса ПРКРП представлены на рис. 1 и обсуждены в разделе 3.

19. Первым шагом в любом процессе принятия решения является четкое определение проблемы, подлежащей решению, и принимаемых к рассмотрению вариантов.

20. После определения проблемы безопасности необходимо принять во внимание все соображения, связанные с регулированием и эксплуатирующей организацией. Затем необходимо определить входную информацию для принятия решения. Она обычно включает в себя различные важные элементы: нормы и образцовая практика, опыт эксплуатации, детерминистические соображения, вероятностные соображения, организационные соображения и соображения физической безопасности. В процесс принятия решений могут быть включены также и другие уместные соображения, такие как ожидаемые радиационные дозы, углубленные выводы исследований и экономические факторы.

21. Важность каждого из элементов зависит от принимаемого решения; с изменением проблемы может также измениться относительная важность каждого из элементов. Оценив важность каждого из элементов и рассмотрев потенциальные меры безопасности, следует прийти к определенному решению, в котором достигается нужный баланс между различными соображениями. Предварительно выработанное решение следует проверить посредством новых итераций процесса, с тем чтобы удостовериться в том, что соблюдены все требования безопасности. По завершении этой процедуры можно осуществлять реализацию выбранных(ой) мер(ы) безопасности. Тем не менее, процесс на этом завершаться не должен: следует осуществлять мониторинг реализованного решения и при

необходимости принимать корректирующие меры для обеспечения того, чтобы посредством данного решения достигался желаемый результат.

3. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЦЕССА ПРКРП

22. Основные элементы процесса IRIDM отображены на рис. 1. В зависимости от характера и назначения решения, а также времени, отведенного на его принятие, оценивать следует все либо некоторые из них. Очевидно, что чем больше информации принимается к рассмотрению, тем более вероятно то, что решение будет отвечать общим целям. Ни один из этих элементов не является новым – речь идет о процессе их объединения систематическим образом, что не часто встречается на практике. В последующих разделах дается краткое описание этих основных элементов, при этом более детальная информация приведена в [2].

3.1. НОРМЫ И ОБРАЗЦОВАЯ ПРАКТИКА

23. В основе проектной и эксплуатационной деятельности любого рода лежат качественные инженерные и обоснованные управленческие процедуры. Они часто находят отражение в примерах, приводимых в нормах и кодексах, которые выпускаются различными профессиональными организациями – от правительственных учреждений, инженерных организаций, национальных и международных групп, занимающихся нормами стандартизации, и до органов по обеспечению качества и многих других. Разумеется, обоснованные процедуры могут быть также выведены из установленных государствами-членами регулирующих требований и в любом случае должны также соответствовать им. Инженерные запасы безопасности, основанные на опыте и результатах исследований, являются важными аспектами этих норм, которые следует сохранять в процессе ПРКРП. Имеется, однако, значительно более широкий круг примеров инженерной и управленческой практики, которые подпадают под общий термин «образцовая практика». Некоторые из них отмечены в документах серии норм МАГАТЭ по безопасности, докладах миссий МАГАТЭ и т.п. Ожидается, что эксплуатирующие и регулирующие организации будут осведомлены об этих примерах образцовой практики и будут рассматривать их применительно к конкретным атомным электростанциям. Поэтому необходимо установить систематический процесс выявления примеров

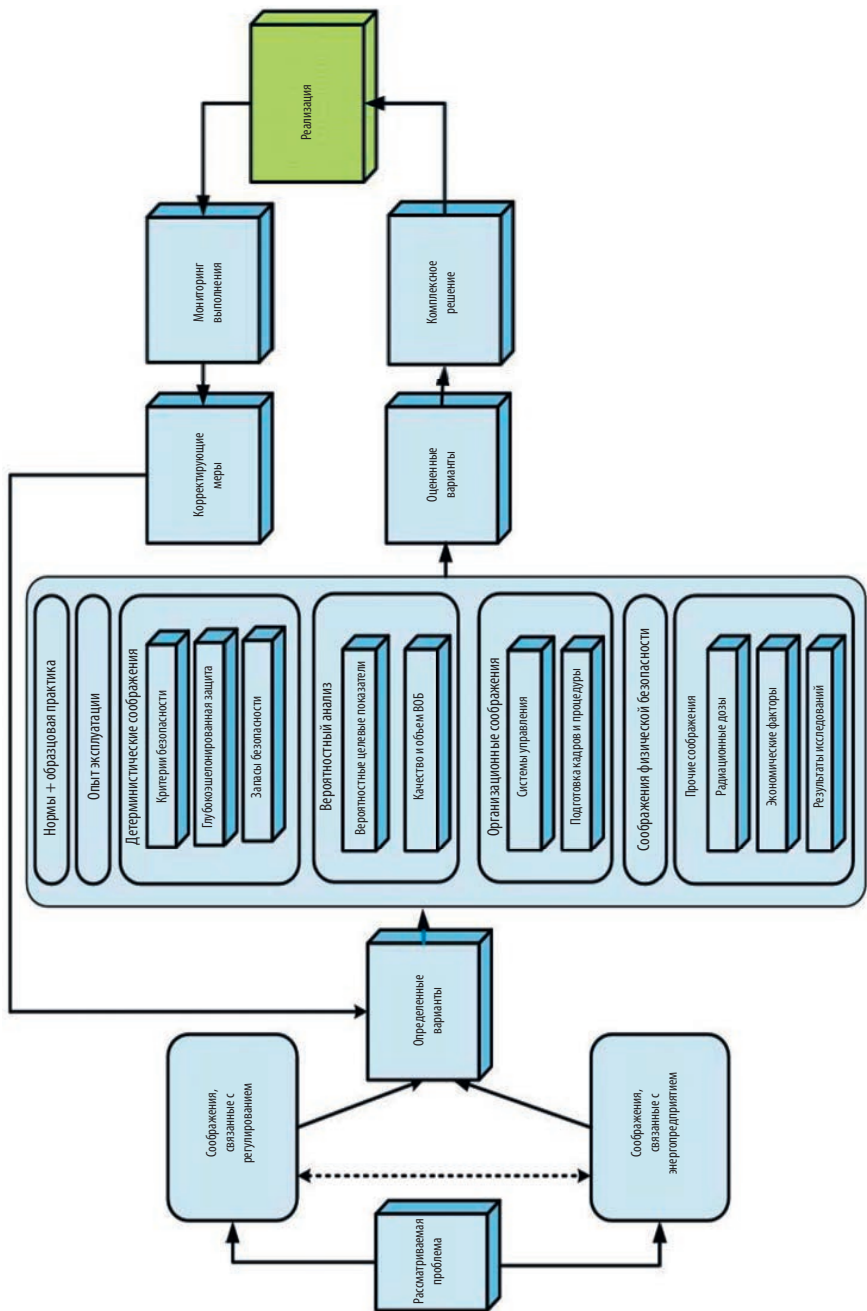


РИС. 1. Основные элементы процесса принятия решений на основе комплексного риск-ориентированного подхода.

образцовой практики на самой атомной электростанции, на других атомных электростанциях аналогичного типа и в отрасли в целом. Рассмотрение подобных примеров образцовой практики, вероятно, должно являться значительным фактором во многих видах деятельности в рамках ПРКРП.

3.2. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

24. Значительным фактором улучшения эксплуатации и проекта атомной электростанции является возможность извлекать уроки из событий, произошедших на самой станции, на аналогичных станциях и на других промышленных комплексах.¹ В процесс ПРКРП следует включать средство для рассмотрения таких событий и использования результатов их анализа, в частности коренных причин, при принятии решений относительно достаточности мер по обеспечению безопасности либо возможной необходимости в дополнительных мерах [2, 4, 15].

3.3. ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ

25. IRIDM должно находиться в соответствии с базовыми детерминистическими принципами безопасности, лежащими в основе проектирования и эксплуатации атомной электростанции. К ним относятся требования, которые направлены на снижение выявленных потенциальных опасностей до практически возможного низкого уровня, обеспечение отказоустойчивости проекта, надлежащего соответствия философии глубокоэшелонированной защиты; строгое соблюдение детерминистических критериев приемлемости безопасности, содействие предотвращению и смягчению аварий и сохранение достаточных запасов безопасности.

26. При проведении анализа проектной основы руководствуются детерминистическими соображениями. Это происходит путем постулирования ряда исходных событий и сценариев и проверки того, что проект способен обеспечить защиту от таких событий в пределах заданных критериев приемлемости. Делаются консервативные допущения и рассматриваются сценарии, охватывающие другие возможные аварии

¹ Образцовой практикой является использование опыта эксплуатации при обновлении ВОБ и в других оценках и деятельности (например, в анализе поведения компонентов и материалов, при планировании инспекций в процессе эксплуатации).

сходного характера, так чтобы была обеспечена в целом устойчивая защита от радиационных опасностей и других вредных последствий. Фундаментальный принцип, используемый при анализе проектной основы, состоит в постулировании единичного или множественных отказов в системах безопасности, в зависимости от назначения каждой из таких систем и проектных требований к ней, и демонстрации того, что соответствующая функция безопасности может быть обеспечена несмотря на эти постулируемые отказы или отказ.

27. Глубокоэшелонированная защита является краеугольным камнем проекта атомных электростанций. Она нацелена на обеспечение безопасности проектной основы и предотвращение аварий. Во-первых, она предусматривает ряд последовательных барьеров между источником, содержащим радиоактивный материал, и вредным воздействием радиации на людей или окружающую среду. Во-вторых, концепция глубокоэшелонированной защиты [5] дает гарантии безопасности благодаря ряду последовательных уровней, обеспечивающих защиту целостности барьеров и преследующих другие связанные цели. Независимость последовательных барьеров обеспечивает защиту от риска случайных отказов отдельных барьеров, хотя при более серьезных авариях опасности могут подвергнуться несколько барьеров одновременно. В целом система барьеров подкреплена независимыми надежными системами безопасности, назначение которых – защита целостности барьеров и тем самым обеспечение надежного удержания всего объема радиоактивного материала в пределах атомной электростанции. Последовательные уровни глубокоэшелонированной защиты нацелены на минимизацию частоты событий, угрожающих целостности барьеров, что достигается выполнением ключевых функций безопасности благодаря надежной работе систем и высокому качеству конструкций и элементов. Процесс IRIDM должен обеспечивать соответствие концепции глубокоэшелонированной защиты. Более подробную информацию можно найти в публикациях INSAG-10 [5] и INSAG-12 [6], и в документе МАГАТЭ TECDOC-1436 [7].

28. В результате анализа проектной основы определяются запасы безопасности, что обеспечивает возможность ведения эксплуатации атомной электростанции на достаточном уровне безопасности во всех режимах работы и в любое время. Базовым соображением является определение предельных значений, превышение которых могло бы привести к нежелательному состоянию. Затем выводятся эксплуатационные параметры, которые не должны быть превышены ни при нормальной эксплуатации, ни в ходе проектной аварии. Хотя граничные величины

выводятся на консервативной основе, при задании эксплуатационных параметров принимаются в расчет неопределенности, связанные с пониманием феноменологии, моделированием, допущениями, анализом, данными, работой оборудования и качеством действий человека. Дальнейшие подробности можно найти в докладе Агентства по ядерной энергии ОЭСР о плане действий в связи с запасами безопасности [8]. Любые предложения, которые в рамках процесса ПРКРП могут приводить к изменению запасов безопасности, следует подвергать детальному и тщательному анализу с тем, чтобы обеспечить сохранение достаточного уровня безопасности.

29. Запасы безопасности также играют определенную роль в смягчении последствий проектных аварий и событий с низкой частотой возникновения, таких как запроектные аварии и проблемы с физической безопасностью².

30. К прочим детерминистическим соображениям, учитываемым в проекте атомной электростанции и важным для успешного применения IRIDM, относятся требования к аттестации оборудования, физическому и материальному анализу и неразрушающим обследованиям, предотвращению отказов по общей причине, отказоустойчивости проекта, обеспечению достаточного резервирования и разнообразия функций и систем безопасности, а также физическому разделению резервируемых систем.

3.4 ВЕРОЯТНОСТНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

31. Назначение вероятностного анализа состоит в дополнении детерминистических и других предварительно заданных соображений путем выявления последовательностей отказов, которые в противном случае могли бы остаться незамеченными. Он также служит в качестве вспомогательного средства при разработке проектов и практических эксплуатационных методов, обеспечивающих более высокий уровень безопасности при разумных затратах по сравнению с исследованными альтернативами, с учетом принципа ALARP. Диапазон вероятностных соображений может простирается от сбора и оценки данных о простых событиях, таких, как отказы при техническом обслуживании, до анализа

² В качестве примера можно привести способность гермооболочки выдержать условия запроектной аварии.

надежности систем и далее до комплексного анализа посредством формальной ВОБ.

32. Методология ВОБ представляет собой структурированный подход к описанию логических связей между физическими явлениями. Он объединяет в себе информацию о проекте станции, практических методах эксплуатации, истории эксплуатации, надежности элементов, поведении человека, аварийных явлениях и (в наиболее широком своем применении) потенциальных радиологических последствиях. Данный подход нацелен на достижение полноты при определении возможных отказов, дефектов, недостатков и уязвимых мест на станции и на предоставление сбалансированного описания значимости с точки зрения безопасности широкого спектра вопросов, включая неопределенности численных результатов.

33. ВОБ является существенным элементом ПРКРП, поскольку она ориентирована на выявление и схематическое описание комбинаций событий, которые могут привести к той или иной аварии. ВОБ также используется для оценки ожидаемой вероятности возникновения каждой из комбинаций событий, для анализа последствий [6] и количественной оценки эффективности мер по предотвращению аварий либо ослабления последствий аварий. Соответственно, для того чтобы реалистично оценить действительное состояние станции, в ВОБ следует использовать современные методологии и основывать ее на оцененных в наилучшем приближении входных данных. ВОБ нацелена на получение реалистичной оценки риска и связанных с ним уязвимых мест, а также на упрощение оценки неопределенностей при анализе.

34. В обстоятельствах, когда последовательности отказов, выявленные при ВОБ, ведут к рассмотрению ситуации, для которой система не проектировалась и для которой полноценное прогнозирование поведения системы с помощью ВОБ невозможно, например, такой, как работа контрольно-измерительных систем в условиях высоких уровней температуры, влажности или радиации, подходящим способом реагирования является улучшение проекта или эксплуатации таким образом, чтобы вероятность таких последовательностей была чрезвычайно малой.

35. Как правило, исследования ВОБ проводятся на трех различных уровнях. ВОБ уровня 1 дает информацию о частоте повреждения активной зоны реактора; ВОБ уровня 2 – результаты по радиоактивным выбросам

в окружающую среду; а ВОБ уровня 3 оценивает радиологические риски для населения в окрестности данной установки. На каждом из уровней ВОБ предоставляет оцененные значения вероятности (частоты) неблагоприятных последствий и информацию о зависимости этих значений от различных факторов, таких, как особенности технического проекта, потенциальные ошибки человека или погодные условия. ВОБ уровня 1 и уровня 2 способна предоставить полезную информацию для решений, влияющих на безопасность атомной электростанции, в то время как ВОБ уровня 3 в особенности полезна для принятия решений по размещению атомных электростанций и аварийному планированию.

36. В последние три десятилетия методологии ВОБ достигли существенного прогресса, в основном вследствие улучшения баз данных и большей полноты системного анализа и феноменологических методов. Развитие методологии ВОБ идет в направлении включения в рассмотрение организационных факторов, надежности пассивных систем, внешних опасностей и отказов программного обеспечения цифровых систем. Неполнота ВОБ в том или ином аспекте может вносить дополнительную неопределенность в численные результаты.

37. В рамках ПРКРП следует также учитывать качественные результаты ВОБ, поскольку информация, получаемая при анализе логической структуры, может указывать на слабые места и на отсутствие сбалансированности в проекте или эксплуатации. Таким способом можно выявлять ситуации, в которых на надежность конкретных конструкций, систем или элементов (КСЭ) или действий операторов возлагаются чрезмерные надежды. Более того, ВОБ может помочь продемонстрировать соблюдение детерминистических принципов (например, критериев единичного отказа, принципа отказоустойчивого проектирования) и за счет процесса обратной связи, задействованного при интеграции вероятностных и детерминистических соображений, может приводить к внесению изменений в детерминистические требования, такие как относящиеся к событиям проектной основы и классификации КСЭ.

38. ВОБ также дает на выходе ряд количественных мер, которые могут оказаться особенно полезными для ПРКРП, поскольку они позволяют оценить воздействие изменений, а также выполнить сравнение с целевыми показателями безопасности. Эти целевые показатели безопасности могут выражаться частотами конкретных последствий, таких как поврежденные состояния станции или выбросы в окружающую среду. Результаты ВОБ следует выражать в терминах оцененных средних значений с

соответствующими распределениями неопределенности. Анализ неопределенностей является составной частью ВОБ, и внимательный учет неопределенностей может значительно улучшить любое решение, принимаемое в результате процесса ПРКРП. Кроме того, можно получить оценки частоты или вероятности конкретных последствий и степени важности (например, данных КСЭ), которые могут использоваться в дополнение к качественным и количественным соображениям.

39. ВОБ представляет собой мощный метод, имеющий, однако определенные ограничения. При использовании выходных данных ВОБ в процессе ПРКРП важно учитывать качество ВОБ. Качество ВОБ зависит от объема моделирования, от альтернатив, выбранных аналитиками, и от наличия проектной и эксплуатационной информации. Более подробную информацию можно найти в соответствующих Руководствах по безопасности МАГАТЭ [9, 10] и в техническом документе МАГАТЭ, относящемся к качеству ВОБ [11]. Руководящие указания по вопросам качества ВОБ также предоставлены в Нормативном руководстве 1.200 [12] Комиссии по ядерному регулированию США.

3.5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

40. Управление в целях обеспечения безопасности охватывает широкий диапазон аспектов, в числе которых руководящая роль, контроль, компетентность, информационное взаимодействие и сотрудничество между лицами из персонала. При подобном управлении следует предусматривать четкую функцию планирования, включающую систему рассматриваний и аудитов для обеспечения того, чтобы такие вопросы, как техническое обслуживание, инспекции и испытания оборудования, кадровое обеспечение, подготовка персонала и руководящий надзор, осуществлялись надлежащим образом и в необходимых случаях корректировались. В рамках любого процесса ПРКРП важно обеспечивать должное и адекватное рассмотрение организационных и управленческих вопросов с целью поддержания и повышения вклада человека в обеспечение безопасности. Дальнейшие подробности можно найти в публикации МАГАТЭ категории Требований безопасности, относящейся к системам управления [13].

41. Конструкции, системы и элементы проектируются с целью выполнения назначенных им функций безопасности, аттестуются и обслуживаются с целью обеспечения их функционирования по требованию, в заданных условиях работы и окружающих условиях. При разработке проекта следует

также устанавливать необходимые процедуры аттестации, технического обслуживания, инспекций и испытаний. При ПРКРП следует, кроме того, учитывать адекватность этих процедур и возможность их влияния на другие аспекты безопасности атомной электростанции, например, на дозы, получаемые работниками. В процессе ПРКРП следует учитывать возможную необходимость включения в систему управления специальной подготовки персонала и/или дополнительных процедур.

3.6. СООБРАЖЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

42. Физическая безопасность или физическая защита атомной электростанции и ядерных материалов на площадке представляет важную проблему, которую необходимо учитывать при принятии решений в процессе ПРКРП. Важно, чтобы ПРКРП обеспечивал принятие выверенного решения, в котором должным образом объединены требования обеспечения безопасности и физической безопасности [14].

43. Следует признать, что в одних случаях меры по обеспечению физической безопасности могут поддерживать безопасность, а в других – воздействовать на нее негативно. Например, прочные конструкции, требуемые по соображениям физической безопасности, могут также обеспечивать улучшенную защиту от определенных опасностей, исходящих из окружающей среды. И наоборот, меры по обеспечению физической безопасности могут затруднить или отсрочить действия по обеспечению безопасности, которые должны быть осуществлены безотлагательно в порядке реагирования на некоторые аномальные ситуации. Подобные соображения следует комплексным образом учитывать при проектировании, разработке эксплуатационных процедур и процедур обеспечения физической безопасности, а также в процессе регулирования [14].

44. Меры по обеспечению физической безопасности, необходимые для различных режимов эксплуатации и различных конфигураций станции, могут потребовать осуществления корректировок сообразно изменениям в работоспособности и значимости КСЭ. Эти корректировки могут предусматривать повышенный уровень надзора или защиты в определенных зонах и снижение такового в других (например, в отношении выведенного из эксплуатации оборудования). Ситуации, влекущие за собой дополнительную деятельность на площадке (например, при модификациях станции, остановах), могут также потребовать внесения соответствующих изменений в план обеспечения физической безопасности.

3.7. ПРОЧИЕ СООБРАЖЕНИЯ

45. При нормальной эксплуатации присутствуют, хотя и небольшие, риски для работников и для лиц из населения, связанные с дозами излучения [15]. В рамках процесса ПРКРП следует учитывать влияние изменений на станции или изменений ее эксплуатационных режимов на дозы при нормальной эксплуатации, дозы при техническом обслуживании или осуществлении модификаций на станции, требования в отношении минимизации радиоактивных отходов и сбросов в окружающую среду, а также меры по их снижению.

46. Все меры безопасности требуют определенных затрат, поэтому частью процесса IRIDM должна являться оценка экономического эффекта решения. В каждой стране процедура такого рассмотрения должна быть совместимой с юридическими основами принятия решений.

4. ИНТЕГРАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРКРП

47. Процесс принятия решения, связанного с безопасностью, должен быть логически последовательным, всесторонним, прозрачным, воспроизводимым и поддающимся проверке. Эти качества следует сохранять в соответствующей документации и отчетности таким образом, чтобы было ясно, как принималось то или иное решение, какие факторы были приняты во внимание и какова их относительная важность. В этом случае все заинтересованные стороны смогут понять, почему и как было принято то или иное решение. Подход должен быть таким, чтобы любое решение можно было надлежащим образом сопоставить с другими подобными решениями.

48. Для того чтобы процесс ПРКРП давал заслуживающие доверия результаты, окончательное решение должно быть беспристрастным. Очевидно, такое решение должно приводить к реализации требований, заданных этим решением.

49. Важным элементом любого процесса ПРКРП должен быть явный учет всех эффектов, поскольку улучшения в одной области могут оказать неблагоприятное воздействие в другой. Подобным же образом процесс ПРКРП должен быть нацелен на достижение общей сбалансированности

мер безопасности, гарантирующего отсутствие как слабых мест, так и чрезмерного возложения надежд на конкретные средства. Полезным средством, обеспечивающим сбалансированное видение, может являться тщательный учет рисков.

50. Принятие решений на основе описанного здесь процесса ПРКРП может зачастую быть затруднено ввиду того, что требования и выводы при учете различных входных данных ПРКРП не выражаются в одной и той же форме. Например, ВОБ позволяет получить количественные результаты, в то время как выходными данными некоторых других элементов процесса могут являться только качественные результаты. Надлежащей практикой является привлечение к процессу принятия решения многопрофильных групп. Ожидается, что каждый член такой группы обладает высоким уровнем экспертных знаний по меньшей мере в одной из областей, обеспечивающей существенный вклад в процесс принятия решения, и способен работать с разноплановыми входными данными, измеряемыми разными мерами. Группа должна охватывать все дисциплины, которые требуются по рассматриваемой проблеме, и ей должна быть хорошо известна станция (под этим следует понимать проект, эксплуатацию, опыт эксплуатации и т.д.).

4.1. ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОЦЕССА ИНТЕГРАЦИИ

51. Решения ПРКРП следует формировать путем интеграции результатов и углубленных выводов различных элементов и оценок, изображенных на рис.1. Многие входные данные процесса ПРКРП имеют числовую форму, однако обычно имеются также и качественные соображения. Эти количественные и качественные аспекты одинаково важны и должны учитываться в рамках целостного подхода.

52. Как обсуждалось в разделе 2.5, точный процесс будет зависеть от рассматриваемой проблемы, и должна существовать четкая связь между элементами и их важностью. ПРКРП не есть просто процесс рассмотрения нескольких групп входных данных на одном и том же уровне, но процесс, который должен иметь определенную структуру (см. пункт 10). Однако, ввиду большого числа применений ПРКРП, дать описание некоего общего процесса не представляется возможным. Например, при проектировании атомной электростанции за отправную точку берутся принцип глубокоэшелонированной защиты и инженерно-технические нормы, которые определяют классификацию КСЭ по безопасности; эти

КСЭ проверяются с помощью детерминистических оценок на способность к выполнению требуемых функций безопасности с требуемыми запасами безопасности как при нормальной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях; затем с помощью ВОБ анализируются сбалансированность и слабые места, что в некоторых случаях может привести к корректировке детерминистических требований в процессе обратной связи, описанном ниже. Следует обеспечить достижение количественных целевых показателей риска, а если этого не происходит, то проект следует улучшить путем устранения обнаруженных с помощью анализа ВОБ слабостей, несущих в себе наивысший риск.

53. Процесс интеграции является итеративным. Каждую рассматриваемую меру безопасности следует проверить на предмет соблюдения требований, связанных с каждым из элементов на рис.1. Если какая-либо мера безопасности не отвечает какому-либо существенному требованию, либо в неприемлемой степени увеличивает риск иного рода, следует уделить внимание ее возможному улучшению. В приведенном выше (пункт 52) примере проектирования не представляется вероятным, чтобы было изменено требование к техническому обслуживанию, но способ, каким оно осуществляется, может быть модифицирован так, чтобы снизить дозы работников, например, за счет перехода от ручного к дистанционному обслуживанию. После внесения улучшений данную оценку следует повторить, с тем чтобы удостовериться в том, что удовлетворены прочие требования.

54. В тех случаях, когда рассматриваемые альтернативные меры безопасности удовлетворяют всем соответствующим требованиям, процесс интеграции должен включать в себя их сравнение, так чтобы можно было прийти к обоснованному и сбалансированному решению. На этом этапе также могут быть задействованы дополнительные соображения. Например, если ограничивающим фактором является время, возможен выбор той меры безопасности, которая допускает быструю реализацию.

55. В отчетности о результатах процесса ПРКРП следует показать то, каким образом при принятии окончательного решения был рассмотрен и учтен каждый из элементов.

56. Необходимо понимать и учитывать связанные с ПРКРП граничные условия, допущения, неопределенности, компенсирующие меры или действия и другие усилия по снижению риска (предотвращению либо ослаблению). Результаты и углубленные выводы детерминистического

анализа используются совместно с информацией о рисках, что обеспечивает адекватную и надлежащую оценку всех важных и релевантных факторов.

57. При комбинировании отдельных входных данных важно для каждого из применимых элементов рассматривать подход, его сильные стороны, ограничения и все соответствующие углубленные выводы. Эти соображения следует четко довести до сведения лиц, выполняющих анализ, и лиц, принимающих решения.

58. Одна из основных проблем при интеграции различных элементов является следствием того факта, что атомная электростанция не создает риск только одного вида; она создает ряд рисков, источником которых является целый ряд опасностей для различных лиц в разнообразных ситуациях³. Любой процесс принятия решений должен характеризоваться четкостью в вопросе о том, каким образом следует достигать сбалансированности различных рисков, помня о том, что меры, снижающие риск одного вида, могут приводить к возрастанию других рисков.

59. На рис. 2 представлена схема, иллюстрирующая интеграцию детерминистических и вероятностных элементов процесса ПРКРП в целях обеспечения высокого уровня безопасности. Как показано на этой схеме, интеграция вероятностных и детерминистических элементов является частью итеративного процесса выработки окончательных решений в области безопасности. Этот процесс может приводить к выявлению новых событий проектной основы и новых критериев для детерминистической классификации КСЭ по безопасности⁴.

³ Риски для работников и лиц из населения могут возникать при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации (отказы и опасности, ведущие к авариям всех уровней). Их источниками могут быть ядерные/радиационные опасности и более привычные опасности (например, связанные с химическими веществами, отключениями и падениями); они могут быть «продолжительного действия» либо кратковременными, и сами по себе могут быть плановыми (например, связанными с остановками на перегрузку, периодическим обслуживанием) и неплановыми (например, связанными с ремонтом, модификациями).

⁴ Веса этих элементов зависят от рассматриваемой проблемы и от регулирующих подходов, принятых в государствах-членах. В частности, в некоторых государствах-членах регулирование может быть более предписывающим, в то время как в других регулирование может устанавливать цели.



РИС. 2. Интеграция детерминистических и вероятностных элементов.

4.2. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

60. Неопределенности численных результатов анализа – детерминистического и вероятностного – зависит от допущений, граничных условий, наличия надежных данных и других ограничений.

На неопределенности могут также влиять природные явления, старение, экспертные оценки, аналитические модели и погрешности параметров. Поэтому, хотя численные значения зачастую рассчитываются и сообщаются в форме значений в точке, там, где это практически осуществимо, предпочтительным является рассмотрение численных результатов в виде распределений. Кроме того, входным данным, имеющим в большей степени качественный характер, также будут присущи неопределенности, частично связанные со способом, которым они были получены.

61. Анализ неопределенностей является составной частью ВОБ и анализа наилучшего приближения. Учет этой информации значительно повышает обоснованность любого решения, получаемого в результате процесса ПРКРП. То, каким образом учитывались неопределенности, должно быть частью структуры отчетности ПРКРП.

62. Некоторые из наблюдавшихся серьезных аномалий и реально имевших место событий не были предсказаны в рамках имевшегося анализа. Поэтому необходимо выявлять неопределенности, вытекающие из неполноты модели риска. Возможен пропуск или отсев сценариев по причине того, что аналитики не способны идентифицировать их, либо не считают их вероятными. Таким образом, ВОБ является лишь одним из источников входной информации при формировании проектного, эксплуатационного или регулирующего заключения. Соответственно, следует взвешивать инженерные и эксплуатационные соображения, в том числе опыт эксплуатации, наряду с прогнозируемыми доминирующими факторами риска.

5. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРКРП

5.1. МОНИТОРИНГ ИСПОЛНЕНИЯ

63. Фундаментальным аспектом ПРКРП является необходимость мониторинга последствий решений, затрагивающих безопасность, и получения обратной информации об их эффективности. Следует разработать критерии выполнения и вести соответствующий мониторинг. Такие критерии должны быть измеримыми, наблюдаемыми или поддающимися вычислению и должны характеризоваться полнотой, достаточной для обеспечения возможности полной и своевременной оценки безопасности.

На тот случай, если критерий выполнения не удовлетворяется, следует иметь процесс, результатом которого является немедленная и повышенная осведомленность о состоянии безопасности.

5.2. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

64. Обратную информацию об эффективности решений ПРКРП следует документировать и в кратчайшие возможные сроки четко и последовательно доводить до сведения всех заинтересованных сторон. Информация, передаваемая соответствующим заинтересованным сторонам, должна быть понятной для них и позволять прийти к заключению относительно эффективности этих решений или, в необходимых случаях, определить, требуются или не требуются корректирующие либо восстановительные меры.

65. Систематическая переоценка безопасности существующей атомной электростанции, такая как периодическое рассмотрение безопасности (ПРБ) [16], может оказаться полезной в плане проверки и подтверждения успеха процесса IRIDM в долгосрочной перспективе.

6. ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ ПРКРП

66. Необходимым условием получения полезных результатов от ПРКРП является четкая приверженность этому процессу лицензиата и регулирующего органа. Необходимо выделять достаточные бюджетные средства и кадровые ресурсы на различные задачи; лица из персонала должны пройти обучение данному процессу, так чтобы они могли выполнять задачи ПРКРП. Для этого может потребоваться специальная подготовка ряда штатных сотрудников в области методов и оценки ПРКРП. До сведения всех штатных сотрудников следует довести информацию о повышении уровня культуры безопасности, которое обеспечивает ПРКРП. Важно, чтобы в программе учитывался опыт использования элементов процесса принятия решений на основе рискоориентированного подхода, а также опыт обучения.

67. Важно обеспечивать, чтобы подготовка кадров в области ПРКРП была совместимой у всех заинтересованных сторон, участвующих в процессе

принятия решений (эксплуатирующей организации, проектной организации и регулирующего органа)⁵.

7. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

68. Следует обеспечивать четкое и последовательное документирование, рассмотрение, утверждение решений ПРКРП и распространение информации о них. Методы документирования и отчетности, используемые всеми ответственными за ядерные установки заинтересованными сторонами, как внутренними, так и внешними, должны быть совместимыми друг с другом. В методе отчетности следует четко определить решаемую проблему, ее решение и ключевые атрибуты, которые способствовали принятию этого решения [17]. В методе отчетности следует также указывать ограничения, неопределенности и в надлежащих случаях анализ чувствительности.

69. Методологию, включая способ получения и представления результатов, следует обсуждать со всеми сторонами, участвующими в ПРКРП. Даже в тех случаях, когда процесс ПРКРП дал основание для внесения проектных изменений, которые были приняты регулирующим органом, комплексный подход является новым, и его следует разрабатывать в тесном взаимодействии с различными заинтересованными сторонами.

70. Тем, кто не является специалистами (например, общественности), следует предоставлять как минимум краткое изложение основных вопросов и результатов.

⁵ Обычно потребность в ПРКРП может возникнуть в результате внутростанционного надзора, требования регулирующего органа, либо потребности в улучшении безопасности или экономических показателей. Как правило, оно будет осуществляться силами центральной инженерной группы энергокомпании, с привлечением или без привлечения внешних подрядчиков, утверждаться регулирующим органом и лицензиатом, и реализовываться на станции и контролироваться стационарным персоналом. Всем задействованным сторонам, вероятно, потребуется специальная подготовка в вопросах, связанных с процессом ПРКРП.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основопологающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 4, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [3] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, “Improving nuclear regulation”, Nuclear Regulation, OECD, Paris (2009).
- [4] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY GROUP, Improving the International System for Operating Experience Feedback, INSAG-23, IAEA, Vienna (2008).
- [5] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности, INSAG-10, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [6] [INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12, IAEA, Vienna (1999).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Risk Informed Regulation of Nuclear Facilities: Overview of the Current Status, IAEA-TECDOC-1436, IAEA, Vienna (2005).
- [8] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Task Group on Safety Margins Action Plan (SMAP) Safety Margins Action Plan – Final Report NEA/CSNI/R(2007)9, OECD, Paris (2007).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-3, IAEA, Vienna (2010).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-4, IAEA, Vienna (2010).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Determination of PSA Quality for Various Applications, IAEA-TECDOC-1511, IAEA, Vienna (2006).
- [12] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Regulatory Guide (RG) 1.200, An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessments, NRC, Washington, DC (2004).

- [13] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [14] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY GROUP, The Interface between Safety and Security at Nuclear Power Plants, INSAG-24, IAEA, Vienna (2010).
- [15] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий МАГАТЭ по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Периодическое рассмотрение безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.10, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [17] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Nuclear Regulatory Decision Making, OECD, Paris (2005).

ЧЛЕНЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Akaho, E.H.K.

Meserve, R.A. (*председатель*)

Асмолов, В.

Sharma, S.K.

Chang, N.

Rising, A.

Chi, D.L.

Slabber, J.

Choul, H.Y.

Suzuki, A.

Couto, A.

Torgerson, D.F.

Drábová, D.

Vinhas, L.A.

Echávarri, L.E.

Weightman, M.

Harbitz, O.

Wiroth, P.

Laaksonen, J. (*заместитель председателя*)

ПУБЛИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

75-INSAG-1	Итоговый доклад о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле	1988
75-INSAG-2	Характеристики источника выброса радионуклидов при крупных авариях на атомных электростанциях с легководными реакторами	1988
75-INSAG-3	Основные принципы безопасности атомных электростанций	1989
75-INSAG-4	Культура безопасности	1991
75-INSAG-5	Безопасность ядерной энергетики	1994
75-INSAG-6	Вероятностный анализ безопасности	1994
75-INSAG-7	Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1	1993
INSAG-8	Общая основа для оценки безопасности атомных электростанций, сооруженных в соответствии с ранее принятыми нормами	1996
INSAG-9	Потенциальное облучение и ядерная безопасность	1996
INSAG-10	Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности	1998
INSAG-11	The safe management of sources of radiation: Principles and strategies	1999
INSAG-12	Basic safety principles for nuclear power plants 75-INSAG-3 Rev. 1	1999
INSAG-13	Management of operational safety in nuclear power plants	1999
INSAG-14	Safe management of the operating lifetimes of nuclear power plants	1999
INSAG-15	Key practical issues in strengthening safety culture	2002
INSAG-16	Maintaining knowledge, training and infrastructure in nuclear safety	2003
INSAG-17	Independence in regulatory decision making	2003
INSAG-18	Managing change in the nuclear industry: The effects on safety	2003
INSAG-19	Maintaining the design integrity of nuclear installations throughout their operating life	2003
INSAG-20	Stakeholder involvement in nuclear issues	2006
INSAG-21	Strengthening the global nuclear security regime	2006

INSAG-22	Nuclear safety infrastructure for a national nuclear power programme supported by the IAEA Fundamental Safety Principles	2008
INSAG-23	Improving the international system for operating experience feedback	2008
INSAG-24	The interface between safety and security at nuclear power plants	2010



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 23

ЗАКАЗ В СТРАНАХ

В указанных странах платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы бесплатных публикаций следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

АВСТРАЛИЯ

DA Information Services

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIA

Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788

Эл. почта: books@dadirect.com.au • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

БЕЛЬГИЯ

Jean de Lannoy

Avenue du Roi 202, 1190 Brussels, BELGIUM

Телефон: +32 2 5384 308 • Факс: +32 2 5380 841

Эл. почта: jean.de.lannoy@euronet.be • Веб-сайт: <http://www.jean-de-lannoy.be>

КАНАДА

Renouf Publishing Co. Ltd.

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Телефон: +1 613 745 2665 • Факс: +1 643 745 7660

Эл. почта: order@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон +1 800 8653457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Suweco CZ, spol. S.r.o.

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, CZECH REPUBLIC

Телефон +420 242 459 202 • Факс: +420 242 459 203

Эл. почта: nakup@suweco.cz • Веб-сайт: <http://www.suweco.cz>

ФИНЛЯНДИЯ

Akateeminen Kirjakauppa

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLAND

Телефон: +358 9 121 41 • Факс: +358 9 121 4450

Эл. почта: akatilaus@akateeminen.com • Веб-сайт: <http://www.akateeminen.com>

ФРАНЦИЯ

Form-Edit

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 42 01 49 49 • Факс: +33 1 42 01 90 90

Эл. почта: fabien.boucard@formedit.fr • Веб-сайт: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 47 40 67 00 • Факс: +33 1 47 40 67 02

Эл. почта: livres@lavoisier.fr • Веб-сайт: <http://www.lavoisier.fr>

L'Appel du livre

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Телефон: +33 1 43 07 50 80 • Факс: +33 1 43 07 50 80

Эл. почта: livres@appeldulivre.fr • Веб-сайт: <http://www.appeldulivre.fr>

ГЕРМАНИЯ

Goethe Buchhandlung Teubig GmbH

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, GERMANY

Телефон: +49 (0) 211 49 8740 • Факс: +49 (0) 211 49 87428

Эл. почта: s.dehaan@schweitzer-online.de • Веб-сайт: <http://www.goethebuch.de>

ВЕНГРИЯ

Librotade Ltd., Book Import

PF 126, 1656 Budapest, HUNGARY

Телефон: +36 1 257 7777 • Факс: +36 1 257 7472

Эл. почта: books@librotade.hu • Веб-сайт: <http://www.librotade.hu>

ИНДИЯ

Allied Publishers

1st Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Mumbai 400001, INDIA

Телефон: +91 22 2261 7926/27 • Факс: +91 22 2261 7928

Эл. почта: alliedpl@vsnl.com • Веб-сайт: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA

Телефон: +91 11 2760 1283/4536

Эл. почта: bkwell@nde.vsnl.net.in • Веб-сайт: <http://www.bookwellindia.com/>

ИТАЛИЯ

Libreria Scientifica "AEIOU"

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALY

Телефон: +39 02 48 95 45 52 • Факс: +39 02 48 95 45 48

Эл. почта: info@libreriaaeiou.eu • Веб-сайт: <http://www.libreriaaeiou.eu/>

ЯПОНИЯ

Maruzen Co., Ltd.

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPAN

Телефон: +81 3 6367 6047 • Факс: +81 3 6367 6160

Эл. почта: journal@maruzen.co.jp • Веб-сайт: <http://www.maruzen.co.jp>

НИДЕРЛАНДЫ

Martinus Nijhoff International

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, NETHERLANDS

Телефон: +31 793 684 400 • Факс: +31 793 615 698

Эл. почта: info@nijhoff.nl • Веб-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

Swets Information Services Ltd.

PO Box 26, 2300 AA Leiden

Dellaertweg 9b, 2316 WZ Leiden, NETHERLANDS

Телефон: +31 88 4679 387 • Факс: +31 88 4679 388

Эл. почта: tbeysens@nl.swets.com • Вебсайт: <http://www.swets.com>

СЛОВЕНИЯ

Cankarjeva Založba dd

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVENIA

Телефон: +386 1 432 31 44 • Факс: +386 1 230 14 35

Эл. почта: import.books@cankarjeva-z.si • Веб-сайт: http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba

ИСПАНИЯ

Díaz de Santos, S.A.

Liberias Bookshop • Departamento de pedidos

Calle Albasanz 2, esquina Hermanos Garcia Noblejas 21, 28037 Madrid, SPAIN

Телефон: +34 917 43 48 90 • Факс: +34 917 43 4023

Эл. почта: compras@diazdesantos.es • Веб-сайт: <http://www.diazdesantos.es/>

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО

The Stationery Office Ltd. (TSO)

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, UNITED KINGDOM

Телефон: +44 870 600 5552

Эл. почта (заказы): books.orders@tso.co.uk • (справки): book.enquiries@tso.co.uk • Веб-сайт: <http://www.tso.co.uk>

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон: +1 800 865 3457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Co. Ltd.

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, USA

Телефон: +1 888 551 7470 • Факс: +1 888 551 7471

Эл. почта: orders@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Организация Объединенных Наций (ООН)

300 East 42nd Street, IN-919J, New York, NY 1001, USA

Телефон: +1 212 963 8302 • Факс: +1 212 963 3489

Эл. почта: publications@un.org • Веб-сайт: <http://www.unp.un.org>

Заказы платных и бесплатных публикаций можно направлять непосредственно по адресу:

IAEA Publishing Section, Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22488 • Факс: +43 1 2600 29302

Эл. почта: sales.publications@iaea.org • Веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA
ISBN 978-92-0-406814-6
ISSN 1025-2193