

Агентство по ядерной энергии  
Организация экономического сотрудничества  
и развития

АЯЭ № 6273

Цели регулирования в обеспечении ядерной  
безопасности

Оригинальное издание OECD на английском языке: *Regulatory Goal of Assuring Nuclear Safety, 2008.*

© 2008 OECD, все права сохраняются.  
© 2014 ФБУ «НТЦ ЯРБ».

Российская Федерация несет ответственность за данное российское печатное издание. Публикуется по согласованию с OECD, Париж.

Ответственность за качество перевода на русский язык и его соответствие тексту оригинала несет федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности».

Разрешение на опубликование документа получено в соответствии с письмом OECD (P-2010-309-T).

# Оглавление

Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР. Organization for Economic Cooperation and Development, OECD.....	4
Агентство по ядерной энергии (АЯЭ), Nuclear Energy Agency (NEA).....	4
Предисловие.....	6
1. Введение.....	7
2. Элементы ядерной безопасности.....	10
Критерии безопасности.....	13
Изменения уровня безопасности.....	14
3. Измерение безопасности.....	16
Рис.1. Связь между элементами, компонентами и объективными свидетельствами безопасности.....	17
Установление рамочной основы безопасности.....	18
Установление стандартов и выпуск руководств по регулированию.....	18
Провозглашение регулирующих правил.....	18
Выдача лицензий и внесение изменений.....	18
Инспекции (включая аудит).....	19
Обзоры установки регулятором.....	19
Санкции для выполнения требований регулятора.....	20
Обзор опыта эксплуатации.....	20
Наблюдение за отношением персонала к безопасности.....	20
Выполнение независимых анализов безопасности.....	21
Спонсирование исследований по безопасности.....	21
4. Вынесение комплексной оценки безопасности.....	22
Степень, до которой различные компоненты каждого элемента безопасности, поддаются количественному измерению.....	22
Временные рамки получения информации о безопасности.....	22
Важность, которая должна придаваться каждой порции информации о безопасности.....	23
Соединение разных элементов.....	23
5. Выполнение комплексных оценок безопасности и их публикация.....	26
6. Заключение и выводы.....	29
Приложение. Описание некоторых комплексных систем оценки безопасности.....	30
А. Введение.....	30
В. Национальные системы комплексной оценки безопасности.....	30
1) Система Швейцарской федеральной инспекции по ядерной безопасности (Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, HSK).....	30
2) Система комиссии по ядерному регулированию США (процесс реакторного надзора).....	34
3) Система шведской инспекции по ядерной энергии (Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI).....	36
4) Система канадской комиссии по ядерной безопасности (Canadian Nuclear Safety Commission - CNSC).....	37

5) Система Финского органа регулирования радиационной и ядерной безопасности (Finnish Radiation and Nuclear safety Authority, STUK).....	39
Функции STUK по надзору за атомными станциями.....	40
С. Демонстрационная система комплексной оценки безопасности.....	41

## Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР.

### Organization for Economic Cooperation and Development, OECD

В соответствии со статьей 1 Конвенции, подписанной в Париже 14 декабря 1960 г., которая вошла в силу 30 сентября 1961 г., Организация по Экономическому Сотрудничеству и Развитию (ОЭСР) будет способствовать:

- достигать самого высокого экономического роста и занятости, и повышающегося стандарта проживания в государствах-членах, поддерживая финансовую стабильность, и таким образом внося свой вклад в развитие мировой экономики;
- вносить вклад в основы расширения экономики в странах членах, так же, как и не являющихся членами в процесс экономического развития; и
- вносить свой вклад в расширение мировой торговли на многосторонней, справедливой основе в соответствии с международными обязательствами.

Первоначально государствами-членами ОЭСР были: Австрия, Бельгия, Канада, Дания, Франция, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария, Турция, Великобритания и Соединенные Штаты. Следующие страны стали членами впоследствии, через вступление в датах, обозначенных после этого: Япония (28-го апреля 1964), Финляндия (28-го Января 1969), Австралия (7-го июня 1971), Новая Зеландия (29-го мая 1973), Мексика (18-го мая 1994), Чешская республика (21-го декабря 1995), Венгрия (7-го мая 1996), Польша (22-го ноября 1996); Корея (12-го декабря 1996) и Словацкая Республика (14-го декабря 2000). Комиссия европейского сообщества принимает участие в работе ОЭСР (Статья 13 Конвенции ОЭСР).

## Агентство по ядерной энергии (АЯЭ), Nuclear Energy Agency (NEA)

Агентство по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития было основано 1 февраля 1958 г. и носило название Европейское агентство по ядерной энергии Организации европейского экономического сотрудничества. Свое нынешнее название оно получило 20 апреля 1972 г., когда Япония стала его первым полноправным неевропейским членом. Членами АЯЭ сегодня являются все страны-члены ОЭСР, кроме Новой Зеландии и Польши. Комиссия европейских сообществ принимает участие в работе Агентства. Главная цель АЯЭ состоит в том, чтобы способствовать сотрудничеству среди правительств участвующих стран в дальнейшем развитии ядерной энергетики как безопасного, экологически приемлемого и экономичного источника энергии.

Это достигается:

- поощрением гармонизации национальной регулирующей политики и методов в отношении безопасности конкретных ядерных установок, защиты человека от ионизирующего излучения и сохранения окружающей среды, обращения с радиоактивными отходами, и ответственности третьих лиц за ядерный ущерб и страхование;
- оценкой вклада ядерной энергетики в общие поставки энергии, принимая во внимание технические и экономические аспекты роста ядерной энергетики и прогноза требований и поставок для различных фаз ядерного топливного цикла;
- развитием обменов научно-технической информацией особенно через участие в общих услугах;

- настройкой международных научно-исследовательских программ и совместных предприятий.

По этим и смежным с ними задачам Агентство по ядерной энергии работает в тесном сотрудничестве с МАГАТЭ со штаб-квартирой в Вене, с которым у Агентства имеется договор о сотрудничестве, а также с другими международными организациями, работающими в ядерной области.

© OECD 2008

*Разрешение воспроизводить часть этой работы в некоммерческих целях или учебного использования должно быть получено через Centre français d'exploitation du droit de copie (CCF), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Париж, Франции, тел. (33-1) 44 07 47 70, Факс (33-1) 46 34 67 19, для каждой страны кроме Соединенных Штатов. В Соединенных Штатах разрешение должно быть получено через Copyright Clearance Center, Customer Service, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA, или Совет по таможенному сотрудничеству Онлайн: <http://www.copyright.com/>. Все другие заявления для разрешения воспроизводить или перевести все или часть этой книги должны быть сделаны к OECD Publications, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.*

## Предисловие

---

Комитет по вопросам ядерного регулирования (CNRA) Агентства по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) является международным комитетом, состоящим преимущественно из старших руководителей ядерных регулирующих организаций. Он был учрежден в 1989 году как форум для обмена информацией и опытом между регулирующими организациями и для наблюдения за разработками, которые могут оказывать воздействие на требования по ядерному регулированию. Комитет отвечает за программу агентства по ядерной энергии, касающуюся регулирования, лицензирования и проверки ядерных установок. В частности, комитет наблюдает за их текущей работой и опытом эксплуатации.

За последние 10 лет Комитет по вопросам ядерного регулирования (CNRA) выпустил серию из 12 отчетов, известных как «зеленые брошюры», в которых рассматриваются проблемы в сфере регулирования ядерной энергетики. Эти брошюры, разрозненные как кусочки мозаики, в случае, если их соединить вместе, содержат большинство элементов, составляющих режим ядерной безопасности. Целью же данной брошюры как раз и является сведение воедино этих и других элементов для того, чтобы разработать весь процесс комплексной оценки безопасности. В соответствии с консенсусом членов комитета CNRA, достигнутом на собрании в июне 2006 года, была образована экспертная группа из экспертов высокого уровня для создания отчета *Цели регулирования в обеспечении ядерной безопасности*.

Этот отчет был создан доктором Thomas Murley и доктором Samuel Harbison на основе дискуссий с членами экспертной группы из экспертов высокого уровня, перечисленных ниже, или при их участии. Доктор Ulrich Schmocker (HSK, Швейцария) мастерски справлялся с ролью председателя на этих собраниях и при работе группы.

- John Loy (ARPANSA), Австралия
- Ken Lafreniere (CNSC), Канада
- Petr Brandejs (SONS), Чехия
- Marja-Leena Jarvinen (STUK), Финляндия
- Guillaume Wack (ANS), Франция
- Michael Hettrich (BMU), Германия
- Lamberto Matteocci (APAT), Италия
- Eiji Hiraoka (NISA/METI), Япония
- Shunsuke Ogiya (JNES), Япония
- Woong Sik Kim (KINS), Корея
- Marli Vogels (KFD), Нидерланды
- Andrej Stritar (UJD), Словения
- Lennart Carlsson (SKI), Швеция
- Peter Flury (HSK), Швейцария
- Colin Potter (HSE/NII), Великобритания
- James Dyer (NRC), США
- James Wiggins (NRC), США
- Adriana Nicic, МАГАТЭ
- Barry Kaufer, АЯЭ, секретариат

# 1. Введение

---

Фундаментальной целью деятельности любой инстанции, регулирующей ядерную безопасность, является обеспечение того, чтобы ядерные установки за все время своей работы эксплуатировались на приемлемом уровне безопасности, включая вывод установок из эксплуатации<sup>1</sup>. Чтобы добиться этой цели, регулятор должен помнить, что именно оператор ядерной установки несет ответственность за безопасную эксплуатацию ядерной установки. Ответственность ядерного регулятора заключается в надзоре за действиями оператора для обеспечения безопасной работы установки. Никакие действия регулятора не должны уменьшать это фундаментальное разделение ролей между оператором и регулятором.

Наряду с эффективностью деятельности регулятора в обеспечении ядерной безопасности столь же важным является уверенность всех заинтересованных сторон в технической компетентности, честности и здравомыслии регулятора. Таким образом, решения регулятора должны быть здравы с технической точки зрения, прозрачны и последовательны во всех случаях, и его беспристрастность по отношению ко всем сторонам должна подтверждаться сторонними наблюдателями.

Для того чтобы выполнять свои обязанности в деле упреждающего обеспечения безопасности, регулятор выставляет ряд требований, которые должен выполнять оператор для безопасной эксплуатации установки, для обеспечения безопасности ядерных материалов, защиты окружающей среды и безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом. Регулятор ведет надзор на установках, чтобы убедиться в том, что установки управляются безопасно, а в том случае, когда этого нет, наблюдает за тем, чтобы оператор предпринял корректирующие действия для возвращения работы установки в диапазон безопасных режимов и приведение её в соответствии с требованиями регулятора. В процессе своей повседневной деятельности регулятор постоянно выносит решения о приемлемости уровня безопасности тех установок, которые он регулирует. Для любого регулятора одним из самых важных вопросов является следующий: «На основе чего я могу решить, действительно ли мои действия обеспечивают в настоящий момент времени приемлемый уровень безопасности на ядерных установках или нет?». Но на этот вопрос никогда не было легко дать простой или прямой ответ.

Например, за те месяцы и недели, которые предшествовали чрезвычайным происшествиям на втором блоке станции Три Майл Айленд (ТМ1-2) и на Чернобыльской АЭС, не было ни одного четкого свидетельства того, что реакторы балансируют на грани катастрофических событий. Конечно, оглядываясь назад можно было бы различить некоторые признаки слабостей в проекте, недостатков в уровне подготовки оператора и проблемы с культурой безопасности на обоих блоках, но это не вызвало опасений о нависающей катастрофе ни у операторов, ни у регуляторов. Самый главный урок, который можно извлечь из обоих чрезвычайных происшествий, это необходимость регулятора чувствовать такие ранние признаки слабостей и проблем, и предпринимать упреждающие действия, требуя улучшений до того, как могут произойти серьезные чрезвычайные происшествия.

В настоящее время в распоряжении регулятора есть много источников информации, касающейся вопросов безопасности на любой ядерной установке, таких, как отчеты инспекций, отчеты об опыте эксплуатации установки, результаты исследований, периодические обзоры безопасности, результаты вероятностных анализов безопасности (ВАБ), ознакомление с обзорами МАГАТЭ и другая информация такого же рода. Главная задача регулятора — система-

---

<sup>1</sup> NEA (2002), *Improving versus Maintaining Safety*, OECD, Paris. (АЯЭ (2002). Улучшать или поддерживать безопасность? ОЕСР, Париж).

тически собирать и анализировать эту информацию, для того чтобы суметь комплексно оценить уровень безопасности на конкретной установке и затем сделать заключение об его приемлемости.

Конечно, регулирующие органы во всем мире сделали немало таких заключений за прошедшие пять десятилетий, полагаясь, в основном, на компетентность, опыт и беспристрастность своего персонала. За это время они разработали критерии и регулирующие правила, которыми руководствуются их инспекторы при вынесении ими заключений о безопасности. Замечательные итоги в достижении свидетельства безопасности объектов ядерной промышленности показывают, что в целом процесс регулирования был вполне удовлетворителен.

Недавно, некоторые регулирующие органы начали разработку более системных методов измерения, регистрирования и анализа информации, касающейся безопасности, для того, чтобы добиться более прозрачной и поддающейся количественному измерению оценки достигнутого уровня безопасности. Они признают выгоды использования системного подхода, но также признают и то, что иметь формальную систему системной оценки, хотя и желательно, но вовсе не необходимо для того, чтобы быть эффективной и результативной регулирующей организацией.

Принципиальными преимуществами использования такого системного подхода является то, что он дает объективный, прозрачный и воспроизводимый «снимок» состояния безопасности установки или организации обладателя лицензии, а также обеспечивает базу для прослеживания тенденций изменения состояния работы по обеспечению безопасности на конкретных установках и помогает регулятору в установлении приоритетов безопасности для дальнейших регулирующих действий. Кроме того, этот подход должен улучшить действенность регулятора и, при правильном применении, его эффективность.

Проблемой для любого регулирующего органа является определение того, насколько данный подход системен, всеобъемлющ, насколько четко у него определены руководства приемлемости безопасности и насколько реально он может помочь принять здравые, прозрачные и своевременные решения с учетом законов и культуры регулирования безопасности рассматриваемой страны. Для того, чтобы помочь своим странам-членам справиться с этой проблемой Комитет по вопросам ядерного регулирования (CNRA) Агентства по ядерной энергии (АЯЭ) ОЭСР спонсировал появление этого отчета.

Хотя этот отчет фокусируется на выгодах, которые предоставляет комплексная система оценки безопасности, нужно иметь в виду, что нет какого-то одного правильного пути по созданию такой комплексной системы. Этот отчет дает рекомендации по необходимым атрибутам и базовым компонентам любого системного метода, с примерами того, как комплексно сочетать компоненты безопасности и дает советы, как затем на их основе выносить заключения. Очевидно, что никакая система комплексной оценки безопасности не должна быть настолько жесткой, чтобы не давать возможности вынесения индивидуальных заключений о безопасности опытным экспертам или руководителям регулирующих органов, особенно в том случае, если на установке зафиксировано необычайно большое число происшествий или несоответствий регулирующим требованиям регулятора. Кроме того, нужно всегда помнить, что информация о безопасности, находящаяся в распоряжении регулирующих органов, может быть только моделью общей картины безопасности. Поэтому, используя комплексную систему оценки безопасности, регулирующие органы должны остерегаться самонадеянности или впечатления, что результат их работы обеспечивает абсолютное определение вопросов безопасности на рассматриваемой установке.

Основным, на чем фокусируется этот отчет, является следующее: как регулирующий орган может системно собирать и комплексно анализировать всю доступную ему, относящуюся к безопасности информацию и суметь вынести правильное заключение о приемлемости уровня безопасности на установках, работу которых он регулирует. Из этого следует, что в первую

очередь предполагаемыми читателями этого отчета являются ядерные регуляторы, хотя информация и идеи, содержащиеся в нем, могут быть также интересны операторам ядерных установок, другим организациям, работающим в ядерной промышленности, и широкой общественности.

## 2. Элементы ядерной безопасности

---

«Фундаментальной целью безопасности является защита людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.»<sup>2</sup> Поэтому, ядерная безопасность означает достижение надлежащих условий эксплуатации установки, предупреждение аварий или смягчение их последствий, что означает защиту персонала, гражданского населения и окружающей среды от опасности необоснованного радиационного облучения. Это определение включает в себя и общее понимание ядерной безопасности как отсутствие физического ущерба, то есть как острое, так и скрытое воздействие радиации на здоровье людей. Но регулятор должен также признать тот факт, что широкая общественность надеется быть защищенной также и от частых потенциально опасных событий (промахов) и поэтому определение ядерной безопасности должно включать в себя отсутствие опасности или неоправданного риска. Кроме того, все заинтересованные стороны хотят быть защищенными от такого ущерба окружающей среде, как радиологическое заражение местности, водоснабжения, зданий и домашнего скота. Поэтому в этом отчете используется более широкое определение ядерной безопасности, а именно, «отсутствие физического ущерба, неоправданного риска и ущерба окружающей среде, вызванных эксплуатацией ядерных установок».

Здесь термин «эксплуатация» подразумевает не только эксплуатацию установки, но и обращение с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами, их захоронение, а также транспортировку радиоактивных материалов. В принципе, безопасность на ядерных установках включает также и защиту от ущерба, возникшего и не от радиологических аварий (таких, как обвалы и разлив химических реагентов), но в этом отчете мы фокусируемся только на радиологической защите персонала, гражданского населения и подверженной воздействию окружающей среды. В конце концов, в термин «отсутствие неоправданного риска» включается отсутствие брешей в безопасности установки и невозможность передачи ядерных материалов в руки людей, не имеющих на это право.

Установив это широкое понимание термина «безопасность», необходимо проверить все элементы, составляющие детальную структуру безопасности. Международное ядерное сообщество разработало за 50 лет работы ядерных установок фундаментальные принципы ядерной безопасности в ширину и в глубину. В первые годы развития ядерных технологий основное внимание уделялось развитию физических основ и основ технологии, особенностям проектирования систем безопасности, кодам и стандартам, общим критериям проектирования, отвечающим за избыточность и разнообразие систем безопасности. Начиная с середины 1970-ых годов развитие метода вероятностной оценки безопасности (ВАБ) привело к серьезному проникновению в суть возникновения и развития сценариев возможных аварий, а также к пониманию того, какой именно вклад вносят различные системы и компоненты безопасности в обеспечение общей безопасности установки. Это привело к «основанному на риске» пониманию эксплуатации и технического обслуживания ядерных установок и дало возможность сравнить достигнутый уровень безопасности с целями безопасности, установленными в количественных единицах. Когда был накоплен опыт эксплуатации, оказалось, что он показывает важность человеческого фактора в аспектах безопасности, включая квалификацию и уровень обучения операторов, аварийные процедуры, меры по смягчению последствий аварий и планирование действий в чрезвычайных ситуациях. В более поздние годы более очевидной стала важность эксплуатационной культуры безопасности<sup>3</sup>. Сильная культура безопасности важна для обеспечения целостности множества барьеров всей структуры глубоко

---

2 IAEA (2006), Fundamental Safety Principles, IAEA, Vienna. (МАГАТЭ (2006) Базовые принципы безопасности, МАГАТЭ, Вена)

эшелонированной защиты. То есть важные факторы безопасности, нормы и отношения во всей эксплуатирующей организации так же важны, как и проектирование и строительство установки.

Концепция глубоко эшелонированной защиты уже давно признается ключевым элементом в обеспечении безопасности<sup>4</sup>. После того, как эта концепция за годы её применения была усовершенствована и усилена, её можно лучше всего определить, как множество независимых уровней защиты (или барьеров), которые должны отказать прежде, чем вредное воздействие радиации могло бы нанести ущерб людям или окружающей среде. Концепция глубоко эшелонированной защиты хорошо прослужила безопасности ядерных установок в течение многих лет и продолжает быть эффективным методом учета неопределенностей в работе людей и оборудования. Как было сказано выше, эта концепция применяется не только к барьерам и функциям безопасности, но и к человеческому фактору и организационным аспектам.

Не существует какого-то одного способа группирования элементов ядерной безопасности. Для этого отчета они сгруппированы под тремя следующими общими заголовками:

1. технические;
2. человеческие и организационные факторы;
3. программные и множественного влияния

Каждый из этих элементов безопасности состоит из многих компонентов безопасности, примеры которых перечислены ниже. Группировка этих компонентов безопасности не является уникальной, но в сумме считается, что они представляют собой всеобъемлющее целое.

#### Технические компоненты безопасности

- Прочный фундамент знаний основ физики, химии и инженерных знаний в области ядерных технологий.
- надежный проект ядерной установки на основе установленных норм и стандартов, воплощающий проектные запасы, качественные материалы, избыточность и разнообразие систем защиты и обеспечивающий защиту от всех видов ядерных, обычных и внешних источников опасности.
- надежная и имеющая хорошие ресурсы программа, которая обеспечивает, что ядерные установки спроектированы, построены, эксплуатируются, технически обслуживаются и испытываются в соответствии с проектной спецификацией и анализами безопасности.
- Крепкая инженерная служба, которая проводит техническое обслуживание установки, её систем и оборудования в соответствии с проектными основами, анализирует технические проблемы и проблемы старения установки по мере их возникновения и обеспечивает поддержку эксплуатации и техобслуживания
- оценки безопасности всех изменений и модернизаций, сделанных за время службы установки.
- программа радиологической защиты, которая обеспечивает адекватную защиту всего персонала от вредного воздействия ионизирующего излучения ядерной установки и её топливного цикла.

---

3 NEA (1999), *The Role of the Nuclear Regulator in Promoting and Evaluating Safety Culture*, OECD, Paris.(АЯЭ (1999) Роль ядерного регулятора в поддержке и оценке культуры безопасности, ОЭСР, Париж).

4 IAEA (1996), *Defence in Depth in Nuclear Safety*, INSAG-10, IAEA, Vienna.(МАГАТЭ (1996) Глубоко эшелонированная защита в ядерной безопасности, доклад INSAG-10, МАГАТЭ, Вена).

- программа использования информации о риске, полученной вероятностными методами на основе системного анализа и опыта эксплуатации.

#### Компоненты человеческих и организационных факторов безопасности

- Достаточный хорошо обученный, квалифицированный и находящийся на своем месте персонал, который может эксплуатировать установку, технически обслуживать оборудование, выполнять программу защиты от радиации и который демонстрирует критическую позицию в отношении ко всем аспектам работы установки.
- Эксплуатационный персонал, который следует консервативным принципам при принятии решений и относится со всей серьезностью к активной зоне реактора и радиоактивным материалам, держа их все время под абсолютным контролем.
- Всеобъемлющий ряд процедур (инструкций и руководств) для эксплуатации установки, её технического обслуживания и управления аварией, включая руководство по управлению тяжелой аварией. Эти процедуры были разработаны и проверены с помощью установленных принципов проверки взаимодействия между машиной и человеком.
- Крепкая организация корпоративного управления с таким руководством, которое устанавливает последовательность приоритетов с упором на приоритет ядерной безопасности, обеспечивая ясность того, что персонал в своей повседневной работе не должен иметь конфликтов между обеспечением безопасности и достижением других деловых целей и обеспечивает адекватные средства для безопасной работы установки.
- Организация управления установкой, четко распределяющая полномочия и ответственность за безопасность и способствующая открытости, критической позиции, доверию между руководством и простыми работниками, контролю над качеством всех видов деятельности и жесткой приверженностью соблюдению процедур, важных для безопасности.
- Программа и процедуры, обеспечивающие контроль со стороны руководства любых работ, связанных с безопасностью, производимых нанимаемыми по контракту работниками на установке или для её нужд.

#### Компоненты с программными факторами и факторами безопасности множественного влияния

- Пределы и условия для эксплуатации (или технические спецификации), которые определяют и контролируют безопасный диапазон режимов эксплуатации ядерной установки и обеспечивают, что воздействие радиации является настолько низким, насколько это достижимо на разумной основе.
- Такие программы, как защита от пожара и поверочные испытания, являющиеся важнейшими компонентами философии безопасности глубоко эшелонированной защиты, чьей сутью является поддержание множества физических и процедурных барьеров против тяжелых аварий.
- Программа анализа опыта эксплуатации, анализа тенденций и обратной связи с опытом эксплуатации.
- Программа первичного и последующего обучения для обеспечения эксплуатационного персонала квалифицированными работниками.
- Программа управления конфигурацией, обеспечивающая соблюдение на установке проектных основ безопасности, утвержденных регулирующим органом.

- Программа управления старением оборудования, которая наблюдает за потенциально разрушительным воздействием старения на системы, структуры и компоненты и требует предупреждающих мер для сохранения проектных основ безопасности.
- Программа управления изменениями, которая обеспечивает, чтобы организационные изменения случайно не ослабили эксплуатационную безопасность.
- Эффективные комплексные системы управления (включая программы обеспечения качества, самооценки и корректирующих действий).
- Культура безопасности, привитая всем работникам организации, основанная на высочайших ценностях безопасности и способствующая настрою на консервативное принятие решений.
- Планы действий в случае чрезвычайных ситуаций, которые были бы внимательно рассмотрены и испытаны и в соответствии с которыми можно было бы проводить мероприятия, направленные на защиту в случае ядерной аварии как персонала ядерной установки, так и находящегося вне её населения.
- Доступ к постоянно действующей программе по исследованиям ядерной безопасности, которая должна расширять базовые знания по основам безопасности.
- размещение установки и политика в области охраны окружающей среды, которые способствуют лучшей защите внешних территорий.
- Планы физической защиты установки, которые тестируются и обновляются с целью предотвращения угроз ядерной установке и предотвращения несанкционированного использования ядерных материалов.

В дополнение к этим элементам безопасности, применимым к эксплуатации ядерной установки, должен существовать регулирующий безопасность орган, который имеет законную власть, техническую компетентность и адекватные возможности для того, чтобы независимо гарантировать, что ядерные установки безопасно проектируются, строятся, эксплуатируются и выводятся из эксплуатации.

## Критерии безопасности

Регулирующие органы имеют законную власть и полномочия выносить окончательные суждения по вопросам безопасности по любому виду ядерной деятельности, за который они несут ответственность. Практически, ядерная деятельность считается безопасной, если возникающие из-за этого риски считаются приемлемыми. Но регулятор никогда не может иметь четкую количественную оценку возникающих рисков. Поэтому, чтобы быть в состоянии дать свое заключение по безопасности, регулирующий орган должен руководствоваться основными критериями безопасности, основанными на национальном законодательстве, регулирующих правилах и политике своей страны. Один из таких критериев – уровень защиты, который требует регулирующий орган. Есть разные формулировки базового уровня защиты, требуемого для стран членов ОЭСР/АЯЭ, но они все признают, что нет возможности добиться абсолютной безопасности (то есть, нулевого риска) в ядерной деятельности. Вот некоторые из этих критериев:

- Никакого необоснованного риска.
- Адекватная защита здоровья и безопасности людей.
- Риск должен быть настолько низок, насколько это практически достижимо на разумной основе.
- Безопасность должна быть настолько высока, насколько это достижимо на разумной основе.
- Ограничение риска с помощью лучших технологий при приемлемых расходах.

Относящимся к этому критерием безопасности является степень уверенности, требующаяся регулирующему органу в том, что базовый уровень защиты выполняется. И в этом случае есть также разные формулировки этого критерия среди стран ОЭСР/АЯЭ, но они все признают, что абсолютных гарантий достигнуто быть не может. Большинство стран имеют свои варианты критерия «разумной уверенности».

Эти базовые критерии безопасности рассматриваются, скорее, как желаемые, качественные, а не четкие, количественные требования безопасности, которые должны быть продемонстрированы регулятору. На практике, эти критерии являются чем-то, что многие могли бы назвать «стандарты выявления». То есть обобщенный опыт заключений о безопасности регулирующего органа за много лет даст нам работающее определение того, что означает этот критерий.

Признано, что ядерные установки в целом работают с уровнем безопасности заметно выше минимально приемлемых уровней безопасности, вытекающих из этих качественных критериев безопасности. Поэтому, большинство надзорных действий регулятора направлено на оценку соответствия уровня безопасности регулирующим правилам, на определение запасов безопасности и на выявление положительных и отрицательных тенденций в области безопасности.

## Изменения уровня безопасности

В сегодняшней практике определенный уровень безопасности любой установки постоянно изменяется по целому ряду причин.

- a) Физически работа установки не является все время постоянной. Избыточные системы безопасности время от времени выводятся из работы для проведения текущего технического обслуживания во время эксплуатации установки, таким образом на короткое время меняется профиль риска на установке. Если брать более долгий период, то по мере того, как стареет установка и на неё устанавливаются новые и более современные компоненты, меняются её эксплуатационные характеристики.
- b) Новые знания о состоянии установки, такие как частота отказов оборудования или вновь открытые и неожиданные последствия аварий, меняют представление установки в аналитических моделях безопасности и поэтому меняют принятое в настоящее время понимание уровня безопасности.
- c) Многие операторы стремятся улучшить экономические показатели своих установок с помощью удлинения топливного цикла, новых идей в конструкции топливного цикла, более глубокого выгорания топлива или повышения мощности, все это имеет важное значение и для безопасности.
- d) С организационной точки зрения на установке нет постоянного уровня состояния работы по обеспечению безопасности. Ключевые организационные переменные, такие как сотрудничество между подразделениями и внимание персонала к качеству могут со временем ухудшаться или улучшаться. Старение рабочего персонала и, соответственно, его возможная самоуспокоенность могут изменить способности персонала справляться с неожиданными происшествиями на установке. И наоборот, новые руководители со свежими идеями могут улучшить состояние работ по обеспечению эксплуатационной безопасности на установке.
- e) Окружающая среда, в которой работает установка, может со временем изменяться. Это может случиться из-за развития промышленности, сельского хозяйства или жилищного строительства вокруг неё, а также, если возникает новая информация о потенциальной величине и частоте угроз со стороны окружающей среды, например, землетрясений или суровых погодных условий.

Этот постоянно меняющийся уровень безопасности на ядерных установках представляет собой очевидную проблему для регулятора при вынесении им заключения о безопасности. Тем не менее, во всем мире существует консенсус между экспертами по безопасности в том, что, если точно соблюдаются вышеперечисленные элементы и компоненты безопасности, то ядерные установки могут эксплуатироваться и будут эксплуатироваться безопасно<sup>5,6</sup>. Обязанностью регулирующего органа является постоянно проводить мониторинг и обеспечивать соблюдение элементов и компонентов безопасности.

---

5 IAEA (2006), *Fundamental Safety Principles*, IAEA, Vienna. (МАГАТЭ (2006) Фундаментальные принципы безопасности, МАГАТЭ, Вена).

6 American Nuclear Society (2000), *ANS Position Statement on Reactor Safety*, ANS, USA. (Американское ядерное общество (2000) Доклад американского ядерного общества об его позиции по отношению к безопасности реакторов, АЯО, США).

### 3. Измерение безопасности

---

Одной из фундаментальных проблем, с которой сталкивается любой регулятор, является вопрос, как измерить элементы безопасности, описанные в главе 2 так, чтобы можно было быть уверенным, что любая конкретная установка работает безопасно. При решении этой проблемы регулятор должен признать, что нет каких-то конкретных средств измерения уровня безопасности, существующего в данный момент на данной установке, нет также и надежных показателей, могущих предсказать состояния уровня безопасности в будущем. Регуляторы, как правило, полагаются на комбинацию следующих факторов: свой предыдущий опыт, правильную инженерную оценку и понимание, основанное на информации о риске, для того, чтобы определить количество свидетельств безопасности, которые могут использоваться для получения информации о каждом из элементов безопасности. Эта информация затем сопоставляется и анализируется для измерения комплексного состояния безопасности установки. Связь между элементами, компонентами и свидетельствами безопасности показана на рисунке 1.

Важным является то, что свидетельства безопасности — это напрямую наблюдаемые аспекты различных элементов и компонентов безопасности. Они включают в себя следующее:

- показатели состояния безопасности;
- выводы инспекций и наблюдений;
- данные о событиях на установке;
- результаты и выводы тестов;
- результаты и выводы оценок;
- результаты и выводы технического обслуживания;
- результаты и качество обучения, программы обучения;
- качество и полнота документации;
- человеческие ресурсы и их квалификация;
- организационная приверженность безопасности;
- быстрые и аккуратные ответы на запросы регулятора.

Рис.1. Связь между элементами, компонентами и объективными свидетельствами безопасности



Некоторые из этих свидетельств больше поддаются количественному определению, некоторые меньше, но все они дают ценную информацию опытному регулятору.

Каждый регулятор должен разрабатывать свой собственный набор элементов, компонентов и свидетельств безопасности в зависимости от ситуации в своей стране и подходов к безопасности. Конечно, регулирующий орган должен иметь достаточно компетентный и опытный персонал, чтобы быть в состоянии понять важность любой информации, касающейся безопасности, и суметь вынести заключение о том, что эта информация означает для общей безопасности установки. Кроме перечисленных выше нормальных источников информации о безопасности системы оценок регулятора должны уметь использовать и внешнюю информацию. Примерами внешней информации являются зарубежный опыт эксплуатации, схожий опыт в неядерной области, опыт действий в условиях землетрясений и суровых погодных условиях и даже информация, сообщаемая анонимно. Внутренняя система безопасности регулятора должна быть так правильно отлажена, чтобы информация быстро и четко проходила между различными частями организации, а вклад всех имеющих отношение к делу инспекторов и технических специалистов принимался во внимание при вынесении заключений о безопасности.

Традиционно регуляторы следили за широким спектром свидетельств безопасности для того, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию любой ядерной установки, но, как правило, они полагались на компетентность и опыт своего персонала, могущего выносить качественные, инженерные оценки об адекватности безопасности, достигнутой на установке. За последние несколько лет некоторые регуляторы начали пересматривать системы измерения и регистрации свидетельств безопасности, чтобы сделать их более системными и добиться более поддающейся количественному измерению и более прозрачной оценки уровня, достигнутого для каждого элемента безопасности. Цель этих изменений – дать возможность проследить процесс принятия регулятором заключения о безопасности, который мог бы быть понятен всем заинтересованным сторонам, особенно обладателям лицензий и ответственности.

Нужно признать, что этот пересмотр и проведение в жизнь такого системного подхода к гарантированию безопасности дают регулятору значимое увеличение источников информации. Размер включения этих дополнительных источников должен быть проанализирован и

оценен в бизнес-плане регулятора до того, как будут установлены какие-либо окончательные обязательные решения. Для регулятора могло бы быть полезным, используя находящиеся под рукой ресурсы, начать с небольшого экспериментального проекта для одной или нескольких установок, во время проведения которого он бы отработал методологию и внутренние процессы этого системного подхода. После примерно годичного опыта использования этой экспериментальной программы регулятор мог бы решить стоит ли ему расширять проект и, возможно, требовать увеличения источников.

## Установление рамочной основы безопасности

Регуляторы сами не достигают безопасности. Их ответственность – наблюдать за уровнем безопасности, достигнутым операторами, выносить заключение об адекватности этого уровня, а затем, если необходимо, предпринимать соответствующие регулирующие действия. Находящаяся в их распоряжении информация никогда не может быть всеобъемлющей или полной, а значит такой элемент, как соображения регулятора, всегда необходим. Для того, чтобы гарантировать, что эти соображения являются насколько возможно объективными и воспроизводимыми, регулятор должен установить рамочную основу безопасности из норм и требований, которые, если они правильно выполняются, должны обеспечить адекватный уровень безопасности. Вот некоторые способы создания такой рамочной основы:

## Установление стандартов и выпуск руководств по регулированию

Большинство регуляторов имеют процедуры для установления стандартов ядерной безопасности, указывающих регуляторам и операторам на уровень безопасности, который следует считать самым лучшим из разумно достижимых. Уровень детализации различен у разных регуляторов в зависимости от подхода регулирующего органа и особенностей каждой страны. Однако вне зависимости от уровня детализации стандартов большинство регуляторов признают ценность и важность выпуска руководств по регулированию для четкого объяснения того, что регуляторы ждут от тех или иных установок, периодов эксплуатации и т. д. Статус таких руководств по регулированию и предел их использования для измерения достигнутых показателей безопасности должен быть ясен для всех заинтересованных сторон, особенно для операторов.

## Провозглашение регулирующих правил

Некоторые регуляторы провозглашают детальные регулирующие правила, касающиеся практических требований по безопасности для различных систем и процессов. В большинстве случаев эти регулирующие правила носят типовой характер, в том смысле, что они применимы ко всем соответствующим ядерным установкам, но иногда регулирующие правила выпускается только по отношению к одной конкретной проблеме безопасности для конкретного типа установок.

## Выдача лицензий и внесение изменений

Окончательный контроль над любой гражданской ядерной установкой осуществляется с помощью выдачи лицензии, как правило, содержащей некоторое количество условий, которым должна соответствовать установка. В лицензию или её условия могут время от времени вноситься поправки, которые отражают изменение наших знаний о безопасности или перемену регулирующих требований, или изменение циклов работы установки.

Установив рамочную основу безопасности (то есть, набор норм и правил), которым должен соответствовать оператор, регулятор на следующем этапе должен измерить до какой степени соответствуют требуемые элементы безопасности этой рамочной основе безопасности. Это достигается наблюдением за объективными свидетельствами безопасности, которые дают информацию о компонентах каждого элемента безопасности. Объективные свидетельства же безопасности наблюдаются с помощью следующего:

### Инспекции (включая аудит)

Для любой попытки регулятора обеспечить безопасную работу установки, центральным является принцип «пойти» и «посмотреть». А это требует, чтобы регулятор мог иметь полный и неограниченный доступ ко всем ядерным установкам, которые он регулирует. Своевременное наблюдение опытными, требовательными и профессиональными регуляторами за состоянием установки и отношением персонала к её безопасности является очень важным. Инспекции проводятся для того, чтобы проверить соответствие условиям лицензии и другим регулирующим требованиям. Есть разные типы инспекций, включая следующие:

1. программа обычных плановых инспекций;
2. групповые инспекции или аудит, с целью проверки отдельных частей установки или отдельных технических проблем, или проблем с персоналом;
3. инспекции, связанные с изменением статуса установки, такие как инспекции для введения установки в эксплуатацию, инспекции для повторного введения установки в эксплуатацию и т.д;
4. наблюдение за тренировками по действиям в чрезвычайной ситуации;
5. неплановые (или специальные) инспекции, нацеленные на обнаружение коренных причин видимого ухудшения в состоянии установки, например, из-за ослабления культуры безопасности.

Опыт показал, что польза от любой инспекции заметно возрастает, если заранее детально запланировать четкое выявление объективных свидетельств безопасности, которые должны быть измерены, и удачные критерии для каждого такого объективного свидетельства.

### Обзоры установки регулятором

Регуляторы проводят некоторое количество обзоров безопасности установки в течение всей её эксплуатации. Первые обзоры безопасности помогают выявить важнейшие системы, компоненты и процедуры безопасности, которые регулятор предполагает контролировать во время ввода установки в эксплуатацию и самой эксплуатации установки. Во время строительства установки, ввода её в эксплуатацию и эксплуатации обычно существует значительное количество изменений в проекте, которые регулятор должен рассмотреть для того, чтобы убедиться, что они не уменьшат общую безопасность установки и что их осуществление правильно отражено в соответствующих правилах по эксплуатации или технических спецификациях. Правильное выполнение требований изначального проекта и всех последующих изменений проекта как на самой установке, так и в правилах по эксплуатации является для регулятора важным показателем безопасности. Кроме того, в настоящее время большинство регуляторов требуют проведения периодических обзоров безопасности, чтобы дать всеобщую оценку безопасности установки и её компонентов по сравнению с основным проектом. Такие обзоры дают и оператору, и регулятору детальную информацию о любой вызванной старением деградации структур и компонентов и дают основания для решений о замене устаревшего оборудования. Они также дают регулятору ценную информацию о том, на-

сколько хорошо установка выполнила заложенные в изначальном проекте ожидаемые показатели безопасности.

### Санкции для выполнения требований регулятора

Операторы по закону обязаны соблюдать все регулирующие правила, и регуляторы несут ответственность за проведение в жизнь этих регулирующих правил. В соответствии с этим требованием предоставляемая оператором регулятору информация о безопасности должна быть полной, точной и своевременной. Когда регулирующее правило нарушено, регулятор, как правило, исследует причины нарушения и степень отклонения от требуемого уровня безопасности прежде, чем решить какие санкции следует применить. Эти исследования могут предоставить ценную информацию как о технической стороне безопасности на установке (например, какие дефекты или недостатки на установке вызвали допущенное нарушение), так и о культуре безопасности персонала оператора (например, увидели ли работники нарушение сами и сообщили о нем или они ждали, пока его откроет инспектор). Регуляторы могут получить значительную информацию, анализируя частоту и типы нарушений регулирующих правил, происходящих на той или иной установке.

### Обзор опыта эксплуатации

Опыт эксплуатации является одним из самых надежных показателей безопасности установки. Одним из наиболее важных для регулятора средств оценки уровня безопасности на установке или на группе установок должно быть определение частоты и серьезности случившихся за время эксплуатации событий, которые могли быть предвестниками тяжелых аварий. Инспекторы используют информацию по таким фактам, как количество срабатываний аварийной защиты реактора, незапланированные выбросы радиоактивности и избыточное нахождение под воздействием радиации, чтобы получить знания о текущем состоянии безопасности на установке. Они могут даже проводить свой независимый обзор всего опыта эксплуатации установки. Они также внимательно наблюдают за тем, насколько хорошо оператор анализирует собственный опыт эксплуатации и обратную связь с опытом эксплуатации (OEF) других установок по всему миру и применяет и то, и другое в своей собственной работе. Точность, полнота и своевременность предусмотренных отчетов оператора о ненормальных событиях на установке являются также важными показателями общего состояния безопасности на установке и у её оператора.

### Наблюдение за отношением персонала к безопасности

Безопасность на ядерной установке достигается благодаря комбинации технического совершенства при проектировании, введении в эксплуатацию установки, ее эксплуатации и положительной культуры безопасности, которая пронизывает весь персонал установки. Последний аспект, по меньшей мере, так же важен, как и первый, но его значительно труднее оценить. Инспекторы могут полагаться на свои наблюдения за отношением оператора к безопасности и на информацию по безопасности, полученную во время встреч с персоналом обладателя лицензии, а также на основании специальных периодических проверок общей культуры безопасности.

Следующие виды деятельности оказывают серьезную и эффективную поддержку регулятору в определении и измерении объективных свидетельств безопасности.

## Выполнение независимых анализов безопасности

В определенных ситуациях регуляторы могут проводить или добиваться проведения независимых анализов безопасности некоторых критических показателей безопасности. Это позволяет им подтверждать или ставить под вопрос анализ, проведенный обладателем лицензии, и помогает установить критерии для вынесения заключения о том, что является приемлемым уровнем безопасности.

## Спонсирование исследований по безопасности

Регуляторы не могут полагаться только на исследования, проведенные на средства владельца лицензии. Им нужно также иметь доступ к независимым исследованиям для того, чтобы:

- a) Иметь адекватную основу для того, чтобы гарантировать, что их стандарты безопасности правильны и хорошо обоснованы.
- b) сохранять на уровне свою техническую компетентность.
- c) иметь свою позицию по касающимся безопасности аргументам владельца лицензии.
- d) быть в состоянии выносить грамотные заключения о лучших показателях состояния безопасности.

Используя комбинацию рассмотренных выше приемов для измерения объективных свидетельств безопасности, регулятор собирает значительное количество данных измерений, касающихся безопасности любой установки. Некоторые могут быть измеряемыми количественно, такие, например, как количество срабатываний аварийной защиты реактора за определенный период, в то время как другие являются почти полностью качественными, например, такие, как показываемый операторами уровень консерватизма. Большинство объективных свидетельств касается более одного элемента безопасности. Владелец лицензии должен давать регулятору доступ ко всей необходимой информации по всем объективным свидетельствам. Любой отказ со стороны владельца лицензии или же предоставление неполной или неточной информации являются дополнительными показателями плохого отношения оператора к безопасности. После того, как регулятор получает все необходимые данные измерений каждого объективного свидетельства безопасности, его задачей является вывести на их основе комплексное заключение о безопасности.

## 4. Вынесение комплексной оценки безопасности

---

В главе 2 элементы безопасности были сгруппированы под тремя заголовками: технические, человеческие и организационные факторы, программные и множественного влияния. Используя методы, изложенные в главе 3, регуляторы измеряют широкий спектр объективных свидетельств безопасности, связанных с компонентами каждого из этих элементов. Следующая проблема – найти подходящий путь для того, чтобы на основе всей этой информации суметь вывести комплексное заключение о безопасности. Есть некоторое количество факторов, которые регулятор должен учитывать при разработке основ вынесения таких комплексных оценок безопасности. Эти факторы включают:

Степень, до которой различные компоненты каждого элемента безопасности, поддаются количественному измерению

Самыми простыми аспектами, которые должен оценить регулятор, являются компоненты технических элементов безопасности. Для них обычно заранее определяются уровни приемлемости, которые могут сразу применяться к измеренным объективным свидетельствам безопасности. Уровни приемлемой безопасности обычно определяются пределами для эксплуатации, требованиями технических спецификаций и т. д., которые устанавливаются исходя из лицензионной основы установки. Степень несоответствия любому из этих требований становится видной сразу при получении информации с измерениями. Затем следуют те объективные свидетельства безопасности, для которых возможно установить минимальные требования, измеряемые в количественных единицах, но где также существует, как минимум, некоторая возможность вынести субъективное заключение в оценке качества состояния безопасности. Например, необходимые компоненты приемлемого плана действий в случае аварии могут быть определены очень точно, так же как и количество специально обученных людей, необходимых для его выполнения. Хотя регулятор очень легко может проверить соответствие этих параметров требованиям, настоящее состояние аварийной готовности установки или площадки может быть установлено только наблюдением за поведением и взаимодействием персонала во время проведения тренировочных аварийных учений. Такие наблюдения являются в достаточной степени субъективными и дают качественную информацию о безопасности. Наконец, есть такие объективные свидетельства безопасности, которые почти невозможно оценить количественно. Это, в первую очередь, относится к поведению персонала, а также к консервативному типу принятия решений и к культуре безопасности.

Временные рамки получения информации о безопасности

Некоторую информацию о безопасности регулятор получает постоянно (информация, получаемая от операторов, информация от своих инспекторов), некоторую - часто (от регулярных встреч инспекторов с руководством установки, в связи с предложениями по изменениям на установке, от тренировочных аварийных учений и т. д.), а некоторую - нерегулярно и нечасто (ненормальные события на установке, длительные перерывы в работе установки и крупные изменения на ней, инспекции в отношении позиции персонала/культуры безопасности и т. д.). Было бы довольно сложно учитывать всю эту информацию при принятии решения об уровне безопасности, достигнутом на установке, в какое-то определенное время или при попытке собрать ясную информацию о тенденциях в области безопасности. Ясно, что система, которая регистрирует и организует всю необходимую информацию, должна очень помогать

регулятору, давая ему четкую общую картину о состоянии безопасности в данный момент и на перспективу.

## Важность, которая должна придаваться каждой порции информации о безопасности

Очевидно, что разные объективные свидетельства безопасности имеют разный уровень важности при оценке общей безопасности установки. Например, если срабатывание аварийной защиты реактора происходило из-за того, что плохо обученные операторы вышли за рамки правильного диапазона режимов для безопасной эксплуатации при пуске, то это, конечно, является значительно большей проблемой, чем тот факт, что у обладателя лицензии слишком громоздкий процесс контроля над работой установки. Исходя из своей технической компетентности и опыта регулирующей деятельности, регуляторы по-разному оценивают важность разных видов информации, касающейся безопасности, и это должно быть отражено в любом системном методе её подбора и оценки безопасности.

## Соединение разных элементов

За любой момент времени регулятору, как правило, доступны тысячи объективных свидетельств безопасности. Некоторые могут касаться прошлого, то есть относиться к начальному проекту, строительству, вводу в эксплуатацию и прошлому опыту эксплуатации установки. Другая информация получается из:

- текущих инспекций (включая аудит).
- отчетов лицензиата.
- модификаций, проводимых на установках, и их закрытии (приемке).
- анализа опыта эксплуатации как рассматриваемой установки, так и других.
- документации обладателя лицензии, о соответствии установки лицензии и соответствующим регулирующим правилам.
- результатов обзоров регулятора.
- документации об обучении квалифицированного и опытного персонала и поддержании его необходимого количества.
- отношения к безопасности персонала лицензиата и его подрядчиков.
- тренировочных аварийных учений.

Как было указано выше, система комплексной оценки безопасности регулятора должна быть в состоянии комбинировать количественную и качественную информацию для того, чтобы заложить основу для процесса принятия решений.

В некоторых ситуациях заключение регулятора о приемлемости безопасности на той или иной установке можно вывести очень быстро на основе одной или нескольких порций информации. Представьте, например, ситуацию, когда во время периодической инспекции на реакторе PWR неразрушающий контроль оператора (NDE) обнаруживает трещины в выводящей линии, образовавшиеся выше изолирующих клапанов, и при этом трещины больше критического размера и заметно увеличились со времени последней инспекции. В таком случае регулятор может счесть, что эта ситуация не безопасна и предпринять немедленные регулирующие действия, не ожидая анализа всей остальной доступной информации о безопасности.

Во многих ситуациях, однако, регулятор не будет иметь конкретной информации о безопасности, которая потребует принятия им немедленных регулирующих действий, но скорее будет иметь информацию о некотором количестве объективных свидетельств безопасности,

которые отдельно каждый и все вместе не представляют четкой или полной картины состояния безопасности на установке. Для таких ситуаций важно иметь объективный метод организации, интеграции и оценки всей касающейся безопасности на этой установке информации (как хорошей, так и плохой) для того, чтобы избежать выборочности при отборе лучших объективных свидетельств безопасности из тех, которые по тем или иным причинам обычно привлекают внимание инспекторов. Это поможет избежать принятия предвзятых или волюнтаристских решений в области регулирования, а также поможет определить меру тех или иных требуемых регулирующих действий и установить приоритеты для дальнейших усилий в области регулирования.

Некоторые регулирующие органы начали недавно разрабатывать системные методы измерения, регистрации и анализа элементов безопасности для того, чтобы обеспечить более комплексную, полную и наглядную оценку достигнутого уровня безопасности. В Приложении есть описание пяти систем, разработанных национальными регулирующими органами, и, кроме того, демонстрационная модель, которая использует систему «светофора» для определения уровня безопасности.

Желаемыми отличительными чертами всех этих систем должно быть следующее:

1. Они должны быть *системными*. Это означает, что регулятор должен уметь включать все наблюдения в заранее заданную систему, которая распределяет каждое наблюдение по определенным и воспроизводимым «отделениям» безопасности.
2. Они должны быть *всеобъемлющими*. Модели систем должны быть в состоянии включать в себя весь спектр наблюдений за безопасностью, который заключен в наших трех группах элементов безопасности, указанных во второй главе, а именно, технических, человеческих и организационных факторах и программных и множественного влияния.
3. Они должны быть *совместимыми*. Это значит, что они должны обеспечивать предсказуемость и воспроизводимость полученных результатов. При этом не важно, какой работник вводит этот набор данных, и не важны обстоятельства (например, время) проведения анализа. Обработка количественной и качественной информации системой должна быть совместимой и логичной. Форма изложения результатов должна быть совместима с типами соответствующих установок и языком предсказываемых тенденций безопасности.
4. Насколько возможно, они должны содержать заранее установленные *руководства приемлемости* для объективных свидетельств безопасности, которые основывались бы на требованиях и ожиданиях регулятора в отношении состояния безопасности. Это важный, хотя и сложный и требующий много времени аспект установки таких систем. Базовой основой уровня приемлемости являются концепции глубоко эшелонированной защиты, целей безопасности и барьеров. Пять уровней глубоко эшелонированной защиты были определены отчетом INSAG-10 (смотри сноску 4). Большинство регулирующих органов имеют регулирующие правила или критерии, с помощью которых они стараются установить руководства приемлемости, одновременно признавая проблематичность таких руководств, когда речь идет о таких сложных вещах, как ошибки человека или о событиях, которые могут произойти с небольшой долей вероятности. Для некоторых видов информации о безопасности руководства приемлемости выводятся непосредственно из лицензионной основы в виде технических спецификаций или эксплуатационных правил. Однако для многих других видов информации руководства приемлемости могут быть созданы только на основе профессионального заключения опытных инспекторов, хорошо знающих рассматриваемую установку и учитывающих соответствующие регулирующие правила или критерии. Это подразумевает необходимость серьезного вовлечения инспекторов в процесс установки та-

ких систем, а значит и соответствующее участие инспекторов в оценке важности наблюдений инспекций для безопасности, а также их участие в оказании помощи при оценке руководств по определению приемлемости. Создание таких руководств приемлемости часто вызывает у регулятора дискуссию о необходимом запасе безопасности над неким минимальным уровнем, а также о том, каковы должны быть требования регулятора в соответствии с предыдущим опытом развития ядерной промышленности.

5. Для системы очень полезно, чтобы она могла генерировать информацию о *тенденции* изменения состояния безопасности во времени, чтобы регулятор мог каждый раз правильно реагировать на новом уровне.
6. И, наконец, система должна генерировать информацию в такой форме, которая помогает регулятору выносить *решения*. Она должна давать методологию для анализа значения общей безопасности в такой степени, которая была бы достаточна для принятия ранжированных регулирующих действий до того, как будет достигнут неприемлемый уровень состояния безопасности.

Ясно, что есть несколько проблем при установке и эксплуатации таких систем комплексной оценки безопасности. Начнем с того, что регулирующий орган должен потратить немало времени и сил для анализа многих доступных ему различных видов информации о безопасности, а также для анализа средств, какими эта информация была получена. Затем ему нужно определить критерии приемлемости (там, где они существуют) для каждого объективного свидетельства безопасности и, если возможно, относительную важность каждого объективного свидетельства. Особой проблемой для регулятора является вопрос, как определить не технические элементы безопасности, в частности, культуру безопасности и организационные элементы безопасности. Ранние отчеты агентства по ядерной энергии описывали регулятору методы, как распознать ранние признаки ухудшающегося состояния безопасности и признаки слабой культуры безопасности<sup>7,8</sup>. Наконец, персонал регулятора должен достичь консенсуса по критериям применимости системы.

После первоначальной, ресурсоемкой фазы установки системы перед всем имеющим отношение к делу персоналом регулятора встает постоянная задача сообщать свою информацию о безопасности таким образом, чтобы позволить системе работать эффективно и результативно. Нам кажется, что большинство регулирующих органов сочтут нужным уделить часть своих ресурсов для введения данных и составления необходимых таблиц. Информация, содержащаяся в таких таблицах, затем поможет регулятору принимать определенные действия и устанавливать приоритеты для своих инспекций так, как это будет обсуждено в следующей главе.

---

7 NEA (1999), *The Role of the Nuclear Regulator in Promoting and Evaluating Safety Culture*, OECD, Paris.(АЯЭ (1999) Роль ядерного регулятора в поддержке и оценке культуры безопасности, ОЭСР, Париж).

8 NEA (2000), *Regulatory Response Strategies for Safety Culture Problems*, OECD, Paris.(АЯЭ (2000) Стратегии реагирования регулятора на проблемы культуры безопасности, ОЭСР, Париж).

## 5. Выполнение комплексных оценок безопасности и их публикация

---

В предыдущей брошюре, посвященной принятию регулирующих решений в ядерной области, утверждалось, что регулятор должен руководствоваться комплексной основой при принятии решений для того, чтобы добиться технической правильности, непротиворечивости и своевременности своих заключений<sup>9</sup>. Большинство регулирующих решений связано с фундаментальной целью регулятора обеспечить ядерную безопасность, проистекает из неё и должно основываться на системной и всеобъемлющей оценке всех элементов безопасности. В главе 4 обсуждались основные характеристики любого системного метода, имеющего дело с множеством объективных свидетельств безопасности, которые регулятору необходимо принимать во внимание, когда он выносит комплексное заключение о безопасности. Наибольшая выгода от использования такой системы заключается в том, что она позволяет регулятору иметь всеобъемлющую, сбалансированную и наглядную картину состояния безопасности на установке и помогает провести моментальное сравнение с предыдущими оценками.

Результаты любого системного метода, как правило, будут представлены в форме таблицы, которая определяет, где находятся слабые места в состоянии безопасности, и показывает, улучшились ли характеристики безопасности, ухудшились или остались прежними после последней оценки. Там, где таблицы указывают на общие слабые места такие, как человеческий фактор, регулятор, как правило, возвращается к более детализированным таблицам для того, чтобы определить, какие именно компоненты безопасности были оценены как менее чем удовлетворительные. Дискуссии между представителями персонала регулирующего органа, дополненные справками по соответствующим объективным свидетельствам безопасности, затем помогут руководству определить, какие действия и в каком временном масштабе необходимо предпринимать.

Конечно, будут ситуации, где требуются быстрые регулирующие действия, например, когда один или более элементов безопасности явно является неприемлемыми. Представьте себе, например, комплексную оценку безопасности, созданную для установки, на которой вследствие долговременной коррозии, незамеченной программой эксплуатационного контроля на установке и небрежностью оператора, произошла значительная, неконтролируемая утечка из системы теплоносителя второго контура. Ясно, что эта ситуация потребует принятия немедленного регулирующего действия, особенно, если установка имеет другие признаки плохой культуры безопасности или другие неудовлетворительные организационные факторы. Это может иметь следствием пересмотр регулятором своих собственных систем, отвечающих за то, какие уроки нужно извлекать в вопросах действенности и эффективности процедур регулятора.

Тем не менее, даже в тех ситуациях, где требуется немедленное действие, системная основа для принятия решений будет помогать регулятору в достижении непротиворечивости и эффективности его решения.

Все решения регулятора должны основываться на накоплении системных, зарегистрированных признаков. Как правило, регулятор создаст таблицу комплексной оценки безопасности для каждой ядерной установки, показывающую, там, где это уместно, тенденции изменения во времени различных элементов безопасности. При определении важности этой комплекс-

---

<sup>9</sup> NEA (2005), *Nuclear Regulatory Decision Making*, OECD, Paris. (АЯЭ (2005), *Принятие решений при ядерном регулировании*, ОЭСР, Париж).

ной оценки регулятор будет задавать себе вопросы, такие как «Понимаем ли мы основные причины, по которым оценка элемента безопасности изменилась от удовлетворительной до пограничной или даже неудовлетворительной?» или же «Понимаем ли мы почему оценка элемента безопасности продолжает оставаться пограничной или неудовлетворительной, то есть почему корректирующие действия оператора оказались неэффективными?».

Результат системного анализа помогает информационно для вынесения решений регулятора по таким вещам, как:

1. Необходимость санкций для обеспечения соответствия.
2. Приоритеты оценок и инспекций, проводимых на установке в ближайшее время.
3. Любые инициативы в регулирующей области, касающиеся всей ядерной промышленности в отношении возникающих проблем безопасности, или демонстрация последствий ситуации всем обладателям лицензий, когда они станут самодовольными и позволят, чтобы эксплуатационная безопасность упала ниже уровня приемлемости.
4. Необходимость дополнительных исследований и изучения безопасности.
5. Необходимость передачи уроков того, как улучшить безопасность, на другие установки или другим регуляторам.
6. Необходимость передачи этих уроков максимально широкому сообществу международных регуляторов.

Какое бы действие не решил предпринять регулятор, оно должно быть правильным образом зарегистрировано и сообщено операторам и другим заинтересованным сторонам. Это важный шаг в обеспечении того, чтобы заинтересованные стороны доверяли бы технической компетентности, порядочности и здравому смыслу регулятора<sup>10</sup>.

Заинтересованные стороны, имеющие законный интерес к ядерной регулирующей деятельности, вовлекаются в обсуждение в брошюре АЯЭ об улучшении эффективности<sup>11</sup> ядерных регуляторов и включают в себя широкую общественность, обладателей лицензий в ядерной области, правительственные департаменты и агентства, а также озабоченные ядерной энергетикой национальные и международные органы и инициативные группы.

Есть большая разница между этими заинтересованными сторонами в том, что касается их уровня технической искушенности и понимания технических деталей, лежащих в основе того или иного заключения регулятора по безопасности. Как следствие, регулятор должен хорошо подумать о том, как сообщать о комплексных проблемах безопасности. Особая проблема — как быть с вопросами, не представляющими большого риска для здоровья людей, но вызывающими большую общественную обеспокоенность, такие как утечка трития в подземные воды, или другие небольшие утечки радиации в окружающую среду.

Вот некоторые принципы, которым регулятор должен следовать, сообщая свои заключения о безопасности:

- A. Стремиться к открытости, полноте и наглядности, рассказывая всю историю соответствующих проблем в области безопасности, а также основания своего регулирующего заключения по ним и что делается, чтобы их решить. Часто полезно давать краткое изложение простым и понятным языком, лишенным технического «жаргона», который может быть непонятен широкой публике.

---

10 NEA (2006), *Building, Measuring and Improving Public Confidence in the Nuclear Regulator*, OECD, Paris. (АЯЭ (2006), Создание, измерение и улучшение доверия общества к ядерному регулятору, ОЭСР, Париж).

11 NEA (2001), *Improving Nuclear Regulatory Effectiveness*, OECD, Paris. (АЯЭ (2001), Улучшение эффективности ядерного регулирования, ОЭСР, Париж).

- В. Объяснять консервативную философию безопасности регулятора, в частности, философию глубоко эшелонированной защиты, которая требует возведения множества барьеров для защиты людей от радиологической опасности.
- С. Давать прямую, объективную техническую оценку вопросов ядерной безопасности, стараясь достичь баланса, который избегает как минимизации проблем безопасности, так и неуместной паники при описании проблем. Если приемлемо, ссылайтесь на установленные регулятором критерии приемлемости соответствующих элементов безопасности и показывайте меру любого отступления от них.
- Д. Призывать обладателей лицензий самим давать оценки состояния безопасности на их установках.
- Е. Обсуждать и, если возможно, улаживать разные точки зрения в восприятии состояния безопасности, но в любом случае, не прощать недостатки или неправильную эксплуатацию со стороны обладателя лицензии.
- Г. Четко объяснять, как регулятор и обладатель лицензии отдельно друг от друга будут предпринимать действия для решения той или иной проблемы безопасности.
- Г. Признавать те случаи, когда регулирующий орган сам получил урок, на основании которого, он в будущем сможет лучше подходить к решению проблем безопасности.

Есть разные средства публикации заключения регулятора о безопасности. Основным документом, является запись регулятора о своем решении по безопасности и об основаниях этого решения, составленная в соответствии со стандартными процедурами регулятора. Это может быть сделано публично и может сопровождаться пресс-релизом, который простым языком кратко излагает это решение для широкой аудитории.

Готовя письменный вариант своего окончательного заключения по безопасности, регулятор должен для успокоения заинтересованных сторон принять во внимание следующие вопросы и ответить на них:

- Были ли нормально соблюдены процедуры?
- Есть ли четкие юридические основания для такого решения?
- Есть ли четкие основания безопасности для такого решения?
- Были ли учтены взгляды всех заинтересованных сторон?
- Тщательно ли собиралась необходимая информация?
- Согласуется ли это решение с предыдущими прецедентами?

Преимущество обладания информацией, организованной системным образом так, как было показано в предыдущей главе, не только в том, что она позволяет достичь вынесения сбалансированного регулирующего решения, процесс принятия которого легко проследить, но также дает крепкую основу для ответов на вышеупомянутые вопросы, являющиеся фундаментальными для предоставления гарантий заинтересованным сторонам.

## 6. Заключение и выводы

---

Этот отчет касается фундаментального вопроса, стоящего перед каждым регулирующим органом «Как может, регулятор сделать заключение, что предпринимаемые им действия обеспечивают в настоящий момент приемлемый уровень безопасности на ядерной установке?»

После определения широкого значения ядерной безопасности, используемого в этом отчете, синтезированный всемирный опыт, касающийся элементов безопасности, был сгруппирован в три широкие категории: технические, человеческие и организационные факторы и программные и множественного влияния. Затем последовало описание деятельности, которую предпринимает регулирующий орган для измерения детализированных компонентов различных элементов безопасности.

Необходимые атрибуты любого системного метода организации и оценки большого количества доступной регулятору информации о безопасности детально описаны. Затем приведена дискуссия о том, как регулятор мог бы использовать информацию этой всеобъемлющей оценки для вынесения комплексных заключений о безопасности, которые являются жизненно важными для решения о принятии тех или иных действий регулятором и для установления приоритетов для регулирующей деятельности в будущем.

Наконец, отчет обсуждает важность публичного сообщения регулятором своих заключений о безопасности и предлагает некоторые принципы того, как это сделать.

Идеи и предложения этого отчета не могут рассматриваться в качестве жесткой формулы, которой должны следовать все регуляторы. И действительно ясно, что, хотя формальный системный подход желателен, он не является необходимым для достижения эффективного и результативного регулирования. Нужно признать, что результат любого системного подхода хорош только тогда, когда хороши исходные данные для него, и регуляторы должны избегать возникновения у своего персонала или у заинтересованных сторон впечатления, что у них есть магическая формула для оценки безопасности. Правильные решения о безопасности будут продолжать опираться, в основном, на опыт, мудрость и здравомыслие персонала регулирующих органов.

Однако опыт показывает, что выгоды очевидны, когда у вас есть системный процесс собирания и анализа информации о безопасности. Это не только помогает регулятору выносить комплексные заключения о приемлемости состояния безопасности на ядерных установках, которые он регулирует, но также дает крепкую основу для сообщения своих решений и защиты их наглядным путем, улучшая таким образом доверие к себе заинтересованных сторон. Кроме того, это дает пищу для приоритетов регулирующей деятельности в будущем, облегчает обратную связь с инспекторами, способствует согласованности регулирующей деятельности и содействует усвоению знаний и передаче знаний новым инспекторам.

Когда регулирующий орган решит разработать такой помогающий ему в принятии решений системный подход, ему нужно будет привести методологию этого подхода в соответствие с национальным законодательством, а также с принятыми в его стране требованиями и процедурными традициями. Создание реально действующего подхода потребует немалых ресурсов на начальном этапе, а также меньших, но тоже значительных ресурсов в дальнейшем для обеспечения эффективного и результативного функционирования системы.

## Приложение. Описание некоторых комплексных систем оценки безопасности

---

### А. Введение

Это приложение дает краткое описание основных характеристик пяти различных национальных систем комплексной оценки безопасности (ISA). Эти пять систем, в целом, соответствуют принципам и признакам, приведенным в этом отчете, но детали работы каждой системы, конечно, различны. Нет одного какого-то правильного ответа на вопрос, как должна быть разработана и введена в действие такая система. Каждый регулирующий орган должен разработать свою собственную систему, основываясь на национальном законодательстве, регулирующих правилах и практике безопасности, принятых в его стране. Для того, чтобы помочь регуляторам, была разработана иллюстративная система оценки, основанная на трех группировках элементов безопасности, определенных во второй главе, которая использует «систему светофора» для указания приемлемости различных порций информации о безопасности. Эта демонстрационная система описана в конце Приложения, хотя нужно признать, что надо провести еще много исследований и анализов прежде, чем эта система может быть применена в практических ситуациях.

### В. Национальные системы комплексной оценки безопасности

#### 1) Система Швейцарской федеральной инспекции по ядерной безопасности (Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, HSK)

*Дополнительную информацию можно получить на сайте [www.hsk.ch](http://www.hsk.ch)*

HSK ввела в действие систему комплексной оценки безопасности для атомных электростанций (называющуюся «комплексный процесс надзора»), которая, в целом, соответствует характеристикам указанным в этом отчете. Источниками информации, используемой для оценки, являются инспекции, данные, предоставленные оператором при лицензировании, и данные анализа событий на установке. В будущем HSK планирует включить в систему информацию отчетов обладателей лицензий, индикаторов безопасности (то есть, PIs) и информацию, полученную при выдаче разрешений на проведение изменений на установке.

Основная идея этой системы - оценивать проект, эксплуатационные требования и опыт эксплуатации. Оценка требований включает в себя тщательный контроль того, сохраняют ли еще свою силу требования, которые предъявлялись на стадии проектирования, в свете последующей информации, данных новейших исследований и опыта эксплуатации установок по всему миру. Другой задачей проводимой оценки является проверка того, правильно ли отражают эксплуатационные требования (технические спецификации, контрольные листы, эксплуатационные журналы, аварийные руководства и т. д.) условия разрешенного режима эксплуатации. В нее же входит проверка того, являются ли процедуры испытаний полными, а этапы процедур безопасными и проводятся в правильном порядке, а также верно ли ориентированы на достижение целей безопасности аварийные руководства. Опыт эксплуатации оценивается с помощью сравнения его с эксплуатационными требованиями. Технические аспекты отделяются от человеческих и организационных факторов, признавая таким образом, что безопасность зависит не только от технически правильного проекта и его грамотного вы-

полнения, но также и от правильной работы персонала и сотрудников технического обслуживания.

Для того, чтобы вывести заключение о важности требований и опыта эксплуатации, для каждого аспекта определяется принадлежность к соответствующему уровню концепции глубоко эшелонированной защиты, барьеру и функции безопасности. В результате такого системного подхода возникает двухмерная матрица, как показано в таблице 1. Для каждой АЭС каждая точка данных, полученных на основании инспекций или результатов оценок и на основании анализа событий и т.д., назначается в одну из клеток этой таблицы.

Причины каждого результата оценки должны быть тщательно проанализированы. Опыт показывает, что очень часто в результаты оценок или наблюдения вносят свой вклад сразу в несколько различных факторов. Очень часто роль играют как технические факторы, так и человеческие, и организационные. Кроме того, технические факторы или же человеческие и организационные факторы могут влиять более, чем на один уровень глубоко эшелонированной защиты или более, чем на один барьер или функцию безопасности в одно и то же время. Поэтому результаты каждого наблюдения или каждого вывода могут быть помещены как в одну, так и в несколько клеток в матрице безопасности.

Системная оценка безопасности является не только процессом, который определяет, как именно каждая точка данных вносит свой вклад в безопасность установки; структура также определяет, какой вид информации надо собрать, чтобы получить полную картину.

Данные ранжируются по шкале, которая базируется на международной шкале событий на ядерных установках (INES). Цель шкалы оценить все уровни состояния безопасности от хорошей работы до тяжелых аварий в рамках одной шкалы ранжирования. Категории этой шкалы определяются следующим образом:

#### Категория G: хорошая работа

Все требования выполняются, и установка работает явно лучше, чем другие АЭС.

#### Категория N: Нормальная работа

Все требования выполняются.

#### Категория V: Необходимы улучшения

в эту категорию попадают отклонения от требований, изложенных в документах, которые не требуют формального разрешения со стороны Швейцарской федеральной инспекции по ядерной безопасности, .

#### Категория A: Отклонения

Отклонения от нормальной эксплуатации в рамках пределов и условий для эксплуатации.

#### Категории от 1 до 7

Рейтинг в соответствии с руководством по INES.

Категории V и A соответствуют 0 по шкале INES. Результаты инспекций, попадающие в категорию A или выше, рассматриваются как события. Результаты, попадающие в категорию V и выше, требуют предпринять какие-то действия.

Общая оценка распределения по категориям — процесс, требующий немалых ресурсов; при этом каждое присуждение категории (особенно отрицательной категории) подвергается перекрестной проверке независимыми экспертами, и не поддающиеся количественному измерению (то есть, качественные) заключения делаются, учитывая все результаты, касающиеся требований по проекту, требований по эксплуатации, состояние установки и поведение человеческих и организационных факторов. Руководители регулирующих органов просматривают эти количественные и качественные оценки по категориям и добиваются вынесения

общего заключения по состоянию безопасности оцениваемой установки. HSK проводит раз в год комплексную оценку безопасности для каждой своей реакторной установки, а результаты используются в качестве основы для ежегодных отчетов национальному парламенту, а также в качестве руководства для будущих инспекций на установках.

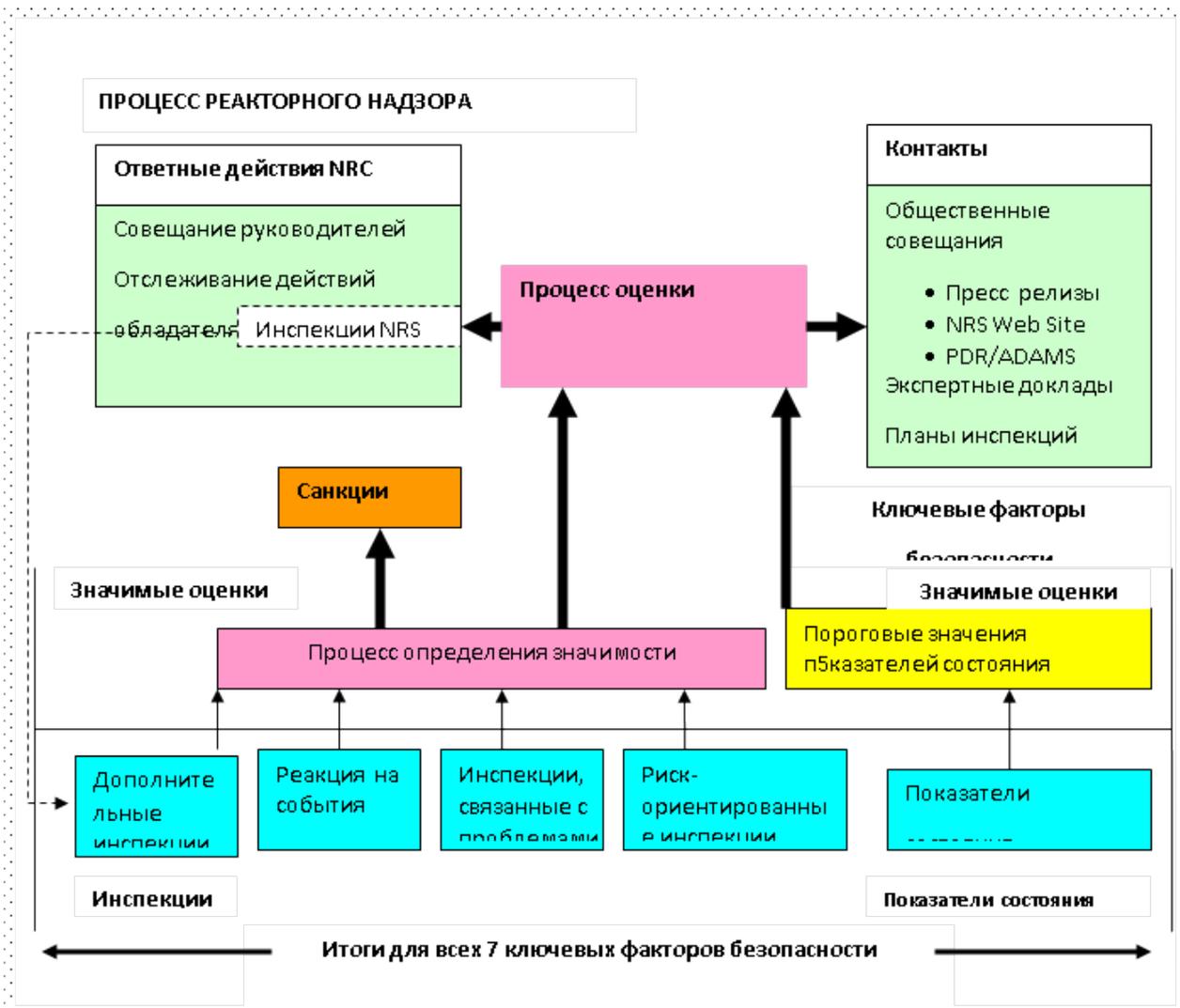
Следующая таблица показывает матрицу безопасности, используемую для оценки безопасности.

Цель		Предмет			
		Требования		Опыт эксплуатации	
		Требования проекта	Эксплуатационные требования	Состояние и поведение установки	Состояние и поведение людей и организаций
Функции безопасности	Контроль над реактивностью				
	Охлаждение топлива				
	Удержание радиоактивных материалов				
	Ограничение облучения				
Уровни глубоко эшелонированной защиты	<b>Уровень 1</b> Предотвращение нарушений нормальной эксплуатации и отказов				
	<b>Уровень 2</b> Контроль над нарушениями нормальной эксплуатации				
	<b>Уровень 3</b> Удержание аварий в рамках проектной основы				
	<b>Уровень 4</b> Контроль над серьезными ситуациями на установке				
	<b>Уровень 5</b> Смягчение радиологических последствий значительных выбросов во внешнюю среду				
Целостность барьеров	Целостность топлива				
	Целостность границ первого контура				
	Целостность защитной оболочки				

Общая безопасность	Многоуровневые аспекты				
--------------------	------------------------	--	--	--	--

## 2) Система комиссии по ядерному регулированию США (процесс реакторного надзора)

Дополнительную информацию можно получить на сайте: [www.nrc.gov](http://www.nrc.gov)



Процесс реакторного надзора (Reactor oversight process, ROP) комиссии по ядерному регулированию США (NRC), разработанный для атомных электростанций, является процессом комплексной оценки безопасности, который, в целом, имеет все черты, описанные в этом отчете. Он является системой, основанной на информации о состоянии и риске, созданной исходя из того, что цель NRC в обеспечении безопасности состоит из трех стратегических областей: безопасность реактора, защита от радиации и охранные меры. Эти качественные (не измеряемые количественно) стратегические области состояния безопасности составлены из семи измеряемых ключевых факторов безопасности<sup>12</sup>: (1) исходные события, (2) системы ограничения последствий, (3) целостность барьеров, (4) аварийная готовность, (5) радиаци-

<sup>12</sup> В документации NRC и соответственно в данном отчете они именуются краеугольными камнями, *cornerstones* (примечание переводчика).

онная безопасность персонала, (б) радиационная безопасность населения, и (7) физическая защита. Эти ключевые факторы безопасности не совпадают с описанными в этом отчете элементами и компонентами безопасности, но согласуются с ними.

Каждый из ключевых факторов безопасности ассоциируется с объективными показателями состояния безопасности (performance indicators - PIs) такими, как внеплановые отключения реактора, отказы системы безопасности, утечки жидкостей и т. д. Показатели состояния безопасности, которые составляются и сообщаются операторами регулярно, используют систему с цветовым кодом для демонстрации состояния безопасности и вводятся в матрицу действий в качестве исходных данных для проводимого каждые полгода процесса оценки АЭС со стороны комиссии NRC.

Параллельным источником информации для оценки установки являются данные инспекций регулятора. Есть два основных пути оценки данных инспекций. В соответствии с первым путем персонал инспекций определяет значимость для безопасности каждой порции данных результатов инспекций. Имеется формальное руководство, которое дает инспекторам возможность определить, являются ли эти данные «больше значимыми, чем несущественными». Если это так, то данные проходят через процесс определения значимости и полученному результату назначается цветовой код. Если этим данным изначально присудили уровень значимости безопасности выше, чем зеленый, то они отдельно рассматриваются Комиссией по наблюдению за значимостью данных безопасности и санкциям. В случае второго пути персонал NRC ищет проблемы множественного влияния, называемые так, потому что они касаются каждого из ключевых факторов безопасности и являются поэтому частью каждого из них. Тремя проблемами множественного влияния для процесса реакторного надзора (ROP) являются поведение персонала, внимание руководства к безопасности и способность персонала поднимать вопросы безопасности (сознательная по отношению к безопасности рабочая атмосфера), а также розыск и фиксирование проблем (идентификация проблем и их разрешение). NRC полагает, что кроме этих трех проблем множественного влияния и ассоциированных с ними аспектов, ответственность, постоянное изучение внешней атмосферы, управление организационными изменениями и политика безопасности составляют окончательные компоненты культуры безопасности обладателя лицензии.

Вся эта информация, а именно объективные показатели состояния безопасности, тенденции факторов множественного влияния, данные выводов инспекции, проводимой на основании информации о риске, и результаты других дополнительных процедур оценки установки таких, как оценки опыта эксплуатации и оценки предшественников развития аварии, вводятся в процесс оценки NRC, т. е. в матрицу действия.

Матрица действия описывает дифференцированный подход к решению проблем состояния безопасности таким образом, что по мере того, как состояние безопасности обладателя лицензии ухудшается, NRC все больше и больше вмешивается в процесс. На низких уровнях проблем с безопасностью обладателя лицензии, призывают решить свои проблем с помощью собственной программы корректирующих действий. На более высоких уровнях значимости для безопасности данных инспекций или при продолжительном существовании свидетельств проблем множественного влияния, NRC вмешивается сильнее. Это вмешательство включает в себя дополнительные инспекции, требование на предоставление информации, письменных подтверждений действий оператора или выпуск приказа, вносящего изменения в лицензию, что может повлечь за собой остановку реактора.

Процесс реакторного надзора со стороны NRC характеризуется очень формализованными процедурами собирания и оценки информации по безопасности. В частности, процесс оценки матрицы действия имеет процедуры и руководства, подчеркивающие, какие регулирующие действия должны быть предприняты при данном наборе обстоятельств. Тем не менее эта процедура не является настолько жесткой, чтобы не оставлять возможности для

опытных руководителей и менеджеров регулирующих органов выносить заключения о том, какие регулирующие действия необходимо предпринять по отношению к каждому лицензиату.

### 3) Система шведской инспекции по ядерной энергии (Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI)

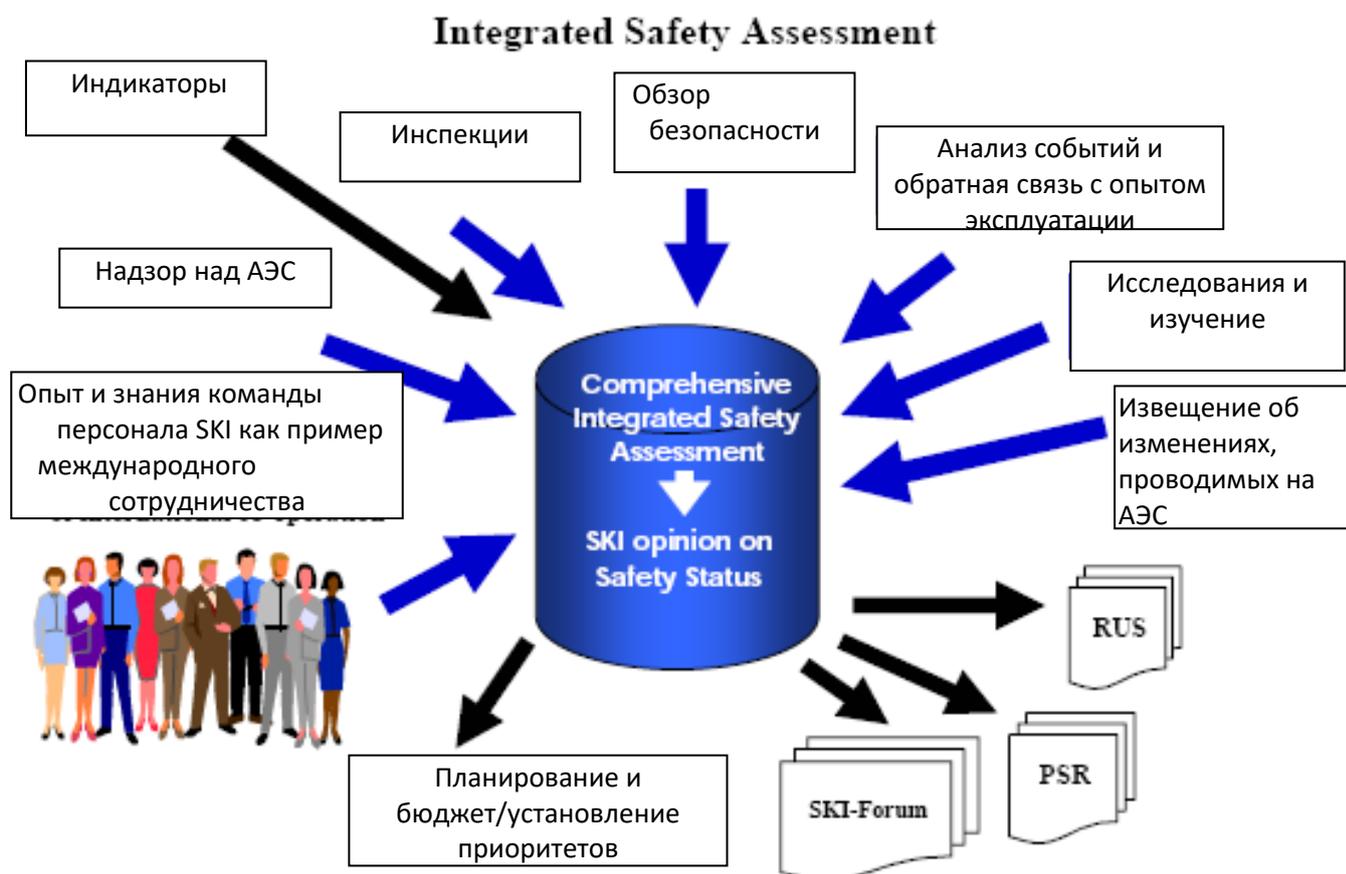
*Дополнительную информацию можно получить на сайте [www.ski.se](http://www.ski.se)*

SKI проводит ежегодную комплексную оценку безопасности (называемую SKI-Forum) для ядерных станций, которые он регулирует, с помощью процесса, который, в целом, отвечает характеристикам, описанным в этом отчете. Источниками информации, используемой при этой оценке, являются результаты надзора за установкой, инспекции, показатели состояния безопасности, обзоры безопасности, оценки опыта эксплуатации, результаты исследований и специальные расследования. Они используются в качестве исходных данных опытным персоналом SKI. Кроме того, SKI требует периодического обзора безопасности, проводимого для каждой АЭС раз в 10 лет, и касающегося широкого спектра вопросов безопасности, включая детальные анализы безопасности структур, систем и компонентов, таких как целостность находящихся под давлением частей корпуса реактора.

SKI использует эти источники информации по безопасности для того, чтобы определить состояние безопасности в следующих 15 областях:

1. проект и строительство установки;
2. управление и организация;
3. компетентность и укомплектование персоналом;
4. эксплуатация установки и отклонения в барьерах безопасности и стандартах глубоко эшелонированной защиты;
5. активная зона реактора и топливный цикл;
6. готовность к действиям в условиях аварии;
7. техобслуживание и контроль над материалами;
8. обзор безопасности;
9. обратная связь с опытом эксплуатации;
10. обращение с топливом и радиоактивными отходами;
11. физическая защита;
12. анализы безопасности и документация;
13. программа безопасности;
14. процедура делопроизводства на АЭС;
15. меры безопасности.

Эти 15 областей безопасности не совпадают с элементами и компонентами безопасности этого отчета, но соответствуют им, если не считать защиты от радиации и защиты окружающей среды, за регулирование которых SKI не несет ответственности.



- RUS – ежегодный доклад о безопасности; PRS – периодический обзор безопасности;
- SKI-Forum – ежегодная оценка безопасности

SKI анализирует источники информации по безопасности для оценки их значимости для безопасности, используя как стандарты безопасности физических барьеров (по топливу, оболочкам, первичному контуру, защитной оболочке и зданиям), так и стандарты безопасности глубоко эшелонированной защиты. Документ, охватывающий все 15 областей безопасности, изготавливается инспекторами и просматривается руководителями и экспертами регулирующего органа.

Окончательная оценка утверждается высшим руководством регулирующего органа и обсуждается с руководством соответствующих АЭС вскоре после проведения каждого SKI-Forum. Результаты этой комплексной оценки безопасности используются в качестве основы для ежегодных отчетов национальному парламенту, а также для процесса планирования, создания бюджета и установления приоритетов внутри SKI.

Основываясь на своем новейшем опыте, SKI продолжает совершенствовать и улучшать свой процесс вынесения комплексной оценки безопасности.

#### 4) Система канадской комиссии по ядерной безопасности (Canadian Nuclear Safety Commission - CNSC)

*Дополнительную информацию можно получить на сайте [info@cnsccsn.gc.ca](mailto:info@cnsccsn.gc.ca)*

Канадская комиссия по ядерной безопасности (Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC) внедрила процесс надзора за обладателями лицензий для оценки их работы по обеспечению безопасности и направления ресурсов регулирования, основываясь на информации о

риске. В соответствии с философией этого процесса основная ответственность за безопасность лежит на обладателе лицензии, а функция надзора, которая обеспечивает, чтобы лицензиат адекватно выполнял свои обязанности, лежит на персонале CNSC. Для того, чтобы Трибунал Комиссии выдал лицензию, кандидаты в своих заявках должны показать, что они имеют стандартный набор программ и процессов, обеспечивающих адекватную защиту окружающей среды, здоровье и безопасность работников станции и живущих вокруг людей.

Персонал CNSC определяет общую деятельность обладателя лицензии, оценивая широкий спектр областей безопасности, программ и факторов наблюдений, и присуждает баллы кандидатам (от А до Е) для того, чтобы оценить каждую область безопасности и каждую программу. бланк отчета должен содержать всю полноту информации обо всех видах деятельности, на которые выдается лицензия. Дополнительная информация от продолжающейся регулирующей деятельности по определению соответствия используется для обновления этих оценок.

Оценка деятельности обладателя лицензии в областях и программах безопасности является важной частью процесса планирования комиссии CNSC. Это означает связь между работой обладателя лицензии и рассчитанными на год для каждой установки рабочими планами регулирующего органа.

Система оценки комиссии CNSC состоит из пяти категорий: «А – выше требований», «В – соответствует требованиям», «С – ниже требований», «D – значительно ниже требований» и «Е – неприемлемо». В процессе оценки собирается информация от программ оценки соответствия, лицензирования и выдачи разрешений, анализа событий и показателей состояния безопасности таким образом, что в результате может быть получена всеобъемлющая картина состояния безопасности. Области безопасности и соответствующие программы могут быть следующими:

<b>Области безопасности</b>	<b>Программы</b>
1. Эксплуатационная работа	1.1. Организация работ и управление АЭС
	1.2 Эксплуатация станции
	1.3 Здоровье и безопасность персонала (не радиологическая)
2. Обеспечение работы	2.1 Управление качеством
	2.2. Человеческий фактор
	2.3. Обучение, проверка, сертификация
3. Проект и анализы	3.1. Анализ безопасности
	3.2. Проблемы безопасности
	3.3. Проект станции
4. Готовность оборудования к эксплуатации	4.1. Техническое обслуживание
	4.2. Структурная целостность
	4.3. Надежность

	4.4.Аттестация (проверка пригодности) оборудования
5. Аварийная готовность	5.1. Аварийная готовность
6. Состояние окружающей среды	6.1.Система мер по охране окружающей среды
	6.2.Мониторинг радиоактивных выбросов и окружающей среды
7. Защита от радиации	7.1. Защита от радиации
8. Охрана площадки	8.1 Охрана площадки
9. Меры физической защиты	9.1 Меры физической защиты

Постоянно находящиеся на станции инспекторы комиссии CNSC проводят систематические инспекции и аудит в соответствии с заранее запланированной годичной программой инспекций, основанной на программе оценки соответствия. Эта программа включает как базовые, так и расширенные инспекции тех мест у обладателя лицензии, где были обнаружены несоответствия регулирующим требованиям. Результаты передаются в установленном виде обладателю лицензии, и, если необходимо, за этим следуют корректирующие действия с конкретными сроками в соответствии с программой комиссии CNSC по санкциям.

Комиссия CNSC разработала набор из 17 показателей, касающихся состояния безопасности. Эти показатели используются для тестирования приемлемых уровней эксплуатационной безопасности. Показатели позволяют проследить тенденции в работе установки, важные с точки зрения безопасности и сравнения состояния станций между собой. Эти показатели также используются для определения потенциальных проблемных мест, куда персонал комиссии CNSC направляет свои силы для того, чтобы определить, существуют ли проблемы с безопасностью.

Анализ важных для безопасности событий является третьим компонентом, используемым при оценке состояния безопасности. Персонал комиссии CNSC просматривает все незапланированные события и вводит данные информации обзора событий в центральную базу слежения. Кроме того, персонал комиссии CNSC проводит детальные независимые обзоры большинства значимых событий для того, чтобы удостовериться, что методы анализа коренных причин возникновения событий, применяемые обладателем лицензии, являются надежными.

Ежегодный отчет по состоянию безопасности в промышленности представляет сведение в единое целое всей информации, собранной персоналом комиссии CNSC во время проведения оценок. В ежегодном отчете также представлена «рейтинговая карта», которая дает дифференцированное представление о положении в вышеприведенных областях и программах безопасности у каждого обладателя лицензии. Ежегодный отчет, когда возможно, проводит сравнения, показывает тенденции и средние величины и освещает серьезные вопросы, относящиеся к промышленности в целом.

## 5) Система Финского органа регулирования радиационной и ядерной безопасности (Finnish Radiation and Nuclear safety Authority, STUK)

Дополнительную информацию можно получить на сайте [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

STUK проводит ежегодную комплексную оценку безопасности для всех действующих и строящихся АЭС, которые он регулирует, с помощью процесса, в целом, соответствующего характеристикам, описанным в этом отчете. Пять основных источников, используемых для проведения этой оценки, следующие: (а) надзор над строительством станции и модификациями, (б) оценки и анализы безопасности, (в) надзор за эксплуатацией, (г) надзор над управлением станцией и (д) показатели ядерной безопасности (PI). Кроме того, STUK требует проведения периодического обзора безопасности раз в 10 лет, включающего в себя более детальные анализы безопасности конструкций, систем и компонентов таких, как целостность находящихся под давлением частей корпуса реактора. Рисунок ниже показывает, что результаты наблюдений и данные из этих источников информации используются при проведении комплексных оценок.



### Функции STUK по надзору за атомными станциями

#### Надзор за новыми проектами станций и модификациями станций

- изменения на ядерной установке

## Оценки и анализ безопасности

- детерминистский анализ безопасности
- вероятностный анализ безопасности (Probabilistic safety analysis, PSA)
- показатели состояния безопасности, анализ и обратная связь

## Надзор за эксплуатацией

- соответствие техническим спецификациям
- происшествия
- надзор за организацией временного вывода из работы
- техобслуживание и старение оборудования
- защита от пожара
- защита от радиации
- аварийная готовность
- физическая защита

## Надзор за управлением в регулируемых организациях

- организация работ по безопасности
- системы управления и управление качеством (QM)
- обучение и повышение квалификации персонала
- использование опыта эксплуатации
- расследование событий
- ядерная ответственность
- инспекции и проверяющие организации

## Надзор за обращением с ядерными отходами и ядерными материалами

- охрана ядерных материалов
- обращение с ядерными отходами
- контроль транспортировки радиоактивных материалов
- выдача лицензий на ядерные материалы и ядерные отходы

STUK анализирует источники информации и тестирует результаты по сравнению со стандартами защиты от радиации, стандартами глубоко эшелонированной защиты, стандартами защиты с помощью барьеров и организационными факторами. Комплексная оценка безопасности не включает анализы аварийной готовности и вопросы обращения с ядерными отходами и ядерными материалами.

Персонал STUK, ответственный за проведение процесса комплексной оценки безопасности, должен подготовить отчет о результатах оценки в своей области и доложить его. Результаты комплексной оценки безопасности используются в качестве основы для ежегодного отчета STUK правительству.

STUK продолжает развивать свои методы проведения комплексной оценки безопасности как (а) с целью увеличения базы для проведения таких оценок, так и (б) с целью улучшения методов обработки данных и результатов наблюдений за безопасностью.

## С. Демонстрационная система комплексной оценки безопасности.

Одним из возможных методов проведения комплексной оценки безопасности на ядерных установках может быть использование трех групп элементов безопасности, определенных во 2-й главе, причем, каждое объективное свидетельство безопасности назначается в одну или более из этих трех групп. Каждому объективному свидетельству безопасности присваивается

один из трех возможных цветов: зеленый, если результат полностью приемлем; янтарный, если результат остается под вопросом или находится на грани приемлемости; и красный, если результат очевидно неприемлем.

Демонстрационная система комплексной оценки безопасности базируется на предположении, что элементы безопасности являются всеобъемлющими и поэтому каждая порция информации по безопасности (или объективное свидетельство безопасности) должны находить свое соответствие в матрице компонентов элементов безопасности. Часто объективное свидетельство безопасности относится к 2-м или даже 3-м общим элементам безопасности - техническим элементам безопасности; человеческим и организационным факторам; и элементам безопасности программным и множественного влияния.

Например, если незапланированное срабатывание аварийной защиты реактора явилось результатом ошибки работника техобслуживания во время тестирования, то проводится оценка не технического элемента безопасности, а скорее эта оценка будет относиться к квалификации персонала, процедурам техобслуживания и надзору со стороны руководства за человеческим и организационным факторами. Кроме того, могут также оцениваться обучение персонала, культура безопасности и обеспечение качества, что относится к элементам безопасности программным и множественного влияния на.

С другой стороны, если срабатывание аварийной защиты реактора явилось результатом отказа одного из электронных компонентов безопасности, то в результате тщательного анализа можно обнаружить, что причиной этого был хотя бы один из следующих факторов: недостатки проекта, плохой инженерный анализ запчастей, неадекватные процедуры техобслуживания, неадекватные руководства проведения профилактического техобслуживания, неадекватные процедуры проведения тестирования, неадекватный анализ опыта эксплуатации подобных компонентов, неадекватная программа управления старением оборудования, проблемы культуры безопасности и слабости программы обеспечения качества (QA). Таким образом, это одно объективное свидетельство безопасности может касаться всех элементов безопасности. Вышеописанное является справедливым для каждого объективного свидетельства безопасности, что оператор или регулятор должны учитывать в своей системе комплексного анализа безопасности.

Ясно, что эффективность этой системы комплексной оценки безопасности сильно зависит от качества и тщательности анализов каждого объективного свидетельства безопасности. Сила этой системы комплексной оценки безопасности в том, что она заставляет оператора и аналитиков регулятора по безопасности широко мыслить в поисках основных и вспомогательных причин появления того или иного объективного свидетельства безопасности, а также выяснению того, как эти причины могут быть связаны со всем спектром элементов и компонентов безопасности. Именно благодаря такому широкому осмыслению могут быть обнаружены скрытые (или второстепенные) слабости безопасности.

Таблица 1 иллюстрирует подход к техническому элементу безопасности. В таблице есть колонка, позволяющая регулятору придавать тот или иной вес каждому элементу безопасности. Также есть колонка, в которой указаны требования для приемлемого уровня безопасности. Для некоторых аспектов существуют заранее определенные показатели состояния безопасности, с которыми можно проводить сравнение, в то время как другие имеют руководства приемлемости, которые регулятор создал на основе своего прошлого опыта эксплуатации и технических соображений. Затем следует колонка, в которой дается нынешнее состояние безопасности. Также есть колонка, показывающая статус в системе «светофора». Было бы также полезно иметь одну или несколько колонок, которые показывали бы состояние компонентов безопасности во время проведения последней и предыдущих оценок, чтобы проследить тенденцию изменения состояния безопасности.

Таблица 1. Технические элементы безопасности

Компонент безопасности	Относительная важность	Критерии приемлемости	Достижения в эксплуатации	Состояние	Предыдущее состояние
Количество срабатываний аварийной защиты реактора					
Химический состав теплоносителя первого контура в соответствии со спецификацией					
Соответствие техническим спецификациям					
Наличие оборудования для обеспечения безопасности					
Результаты тестирования					
Завершенность действий по модификации реактора					
Другое					
Общее состояние				Красный, янтарный или зеленый	Красный, янтарный или зеленый

Общее состояние каждого компонента технических элементов безопасности устанавливается синтезом информации обо всех объективных свидетельствах безопасности, имеющих отношение к делу. Это почти всегда является для регулятора материалом для вынесения заключения и, следовательно, возрастает относительная важность каждого объективного свидетельства безопасности и, соответственно, его цветового обозначения. Естественно, если вам встретятся один или несколько раз «красный» цвет, то необходимо принимать срочные регулирующие меры. После того, как определено цветовое обозначение состояния для каждого элемента безопасности, переходят к синтезу информации. Это влечет за собой обсуждение персоналом регулятора относительной важности каждого компонента безопасности для того, чтобы выработать представление об общем состоянии технических элементов безопасности.

Та же самая процедура затем применяется к каждой из двух других категорий элементов безопасности, определяя общее состояние безопасности для каждой категории. Все три катего-

рии должны быть сгруппированы вместе, как показано в таблице 2, чтобы регулятор получил комплексную оценку безопасности для ядерной установки.

Таблица 2. Комплексная оценка безопасности для установки X

Элементы безопасности	Предыдущее состояние	Нынешнее состояние
Технические	зеленый	зеленый
Человеческие и организационные факторы	янтарный	янтарный
Программные и множественного влияния	зеленый	Янтарный
Общее	зеленый	Янтарный

Таблица общего обзора должна помочь регулятору определить тенденции в области безопасности и установить приоритеты, а информация вспомогательных таблиц должна помочь в определении отдельных проблем безопасности, требующих внимания регулятора. Главные выгоды от такой системы в том, что она позволяет регулятору иметь простую визуальную картину состояния безопасности на установке и обеспечивает проведение моментального сравнения полученной оценки с предыдущими оценками.

Например, первое, о чем говорит регулятору информация в вышеуказанной таблице, это то, что общее состояние безопасности на установке ухудшилось по сравнению с предыдущей оценкой. Таблица определяет, что технический элемент безопасности является удовлетворительным, человеческие и организационные факторы не улучшились по сравнению с предыдущей оценкой, а элементы безопасности программные и множественного влияния ухудшились. В этом месте регулятор должен вернуться к детальным таблицам, чтобы определить, какие именно элементы безопасности оцениваются ниже, чем удовлетворительно. Обсуждение с имеющим отношение к делу персоналом регулирующего органа поможет руководству (желательно в рамках официального процесса принятия решений) определить, какие именно действия нужно предпринять и в какой именно срок. Затем эти предлагаемые действия будут зарегистрированы в виде документа и надлежащим образом переданы операторам и другим заинтересованным сторонам.

© Агентство по ядерной энергии, © Комитет по вопросам ядерного регулирования. «Цели регулирования в обеспечении ядерной безопасности» (перевод с английского).

Ответственный за выпуск: Сеницына Т. В. Компьютерная верстка ОНТИ ФБУ «НТЦ ЯРБ» в соответствии с текстом перевода. Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ» для распространения среди специалистов Ростехнадзора. Тираж 100 экз.