

Гарантии в отношении ядерного топливного цикла

Ханс Грюмм

Эффективность гарантий МАГАТЭ характеризуется тем, насколько они достигают своей основной цели, т.е. обеспечивают достоверную проверку того, что ядерные материалы не переключаются с мирного использования. Эта эффективность зависит, в частности, причем существенно, от количества и квалификации инспекторов. В дальнейшем для повышения эффективности потребуются увеличить персонал, если этого потребуют государства-члены с учетом новых установок, которые, как ожидается, будут поставлены под гарантии в будущем. Однако такое увеличение трудно осуществить из-за финансовых ограничений, диктуемых бюджетом МАГАТЭ.

Вследствие этого многое было сделано и делается для улучшения использования имеющихся кадров, включая стандартизацию процедур инспекции, совершенствование методов управления и подготовки кадров, рационализацию планирования, отчетности и оценки инспекционной деятельности, а также разработку нового оборудования*.

В данной статье основной упор делается на определенные аспекты используемых в настоящее время методов проверки и ставится вопрос: возможны ли какие-либо изменения этих методов, которые привели бы к экономии кадров без потери эффективности?

В этом контексте высказывалось мнение, что существующий подход к гарантиям „ориентирован на установку” и что принятие „ориентированного на топливный цикл подхода” могло бы привести к желаемой экономии**. Этому очень интересному предложению было посвящено много исследовательских работ. До настоящего времени не получено определенного ответа на этот вопрос и для окончательного вывода будут необходимы дальнейшие исследования. Ниже в статье разясняются основные моменты этой проблемы и обсуждаются возможные пути ее решения.

Х.Грюмм – бывший заместитель Генерального директора Агентства и руководитель Департамента гарантий, в настоящее время является консультантом МАГАТЭ. Данная статья отражает его собственную точку зрения.

* Глоссарий по гарантиям МАГАТЭ (IAEA/SG/INF/1) содержит определения и объяснения технических терминов, используемых в настоящей статье.

** Гарантии представляют собой совокупность учета ядерных материалов, мер предотвращения, надзора и т.п., считающихся необходимыми и достаточными для проверки того, что ядерные материалы не были переключены на другие цели.

Модели подходов в нынешней методологии

На первый взгляд представляется, что нынешняя методология гарантий действительно „ориентирована на установку”, т.е. установки рассматриваются изолированно, без учета характеристик национального ядерного топливного цикла в целом.

Действительно, модели подхода создаются для каждого типа ядерной установки. В соответствии с пунктами 81 (а) и (с) документа [153] *, в них, в частности, учитываются связанные с гарантиями характеристики данного типа установки, а также форма и доступность ядерного материала.

Модели подхода основываются на моделях установок и модифицируются таким образом, чтобы учитывать конкретные свойства отдельных установок (направленный на установку подход). Методы проверки, предусматриваемые для каждой установки, и соответствующая установленная реальная текущая инспекционная деятельность (РТИД) обговариваются с государством. Сумма РТИД по всем установкам в государстве представляет собой годовую деятельность в человеко-днях инспекционной работы, которая должна в принципе осуществляться в данном государстве. Скорректированные с учетом ожидаемого эксплуатационного режима установок (например, остановок), эти показатели годовой деятельности служат основой для распределения инспекторов. Объем деятельности, приходящийся на каждое государство, сокращается пропорционально таким образом, чтобы объем всей деятельности соответствовал наличному штату инспекторов.

Условия соглашения о гарантиях

Подход к отдельным установкам как к „строительным кирпичам” применительно к гарантиям для государства соответствует важным условиям соответствующих соглашений о гарантиях.

Документы [153] и [66] ** описывают для типов установок или отдельных установок процедуры, связанные с проектной информацией, конкретными мерами и инспекционной деятельностью. Пункт 90 (b) документа [153], в частности, требует, чтобы

* Документ INFCIRC/153 (Сог.), модель соглашений о гарантиях с участниками Договора о нераспространении ядерного оружия.

** INFCIRC/66/Rev.2 содержит положения соглашений о гарантиях другого типа, чем соглашения, описанные в документе [153].



Лучшего использования имеющегося штата инспекторов можно достичь путем модификации применяемых методов, позволяющей в большей степени учитывать аспекты топливного цикла. Однако для полной оценки влияния таких модификаций на другие факторы потребуются широкие исследования.

МАГАТЭ на основании проверок в государстве делало заключение по *каждой* зоне материального баланса*. Это означает, что общее заключение МАГАТЭ в отношении всего национального топливного цикла должно основываться на заключениях по отдельным установкам топливного цикла.

* Ядерная установка может быть разделена на несколько таких зон.

Видная роль отдельной установки при формировании подхода к гарантиям, однако, не означает, что характеристики национального топливного цикла не учитываются.

Например, существует основополагающее различие между соглашениями о гарантиях, заключенными в соответствии с документами [153] и [66]. В первом случае государство ставит под гарантии МАГАТЭ *все* ядерные материалы, используемые во

всех видах ядерной деятельности в мирных целях (ситуация полного охвата). В противоположность этому, соглашения, заключаемые в соответствии с документом [66], охватывают отдельные определенные материалы, услуги, оборудование, установки и информацию, но не обязательно все виды ядерной деятельности государства. В этом случае установки, поставленные под гарантии МАГАТЭ (например, реактор), могут быть связаны с установками, не подпадающими под гарантии (например, завод для изготовления тепловыделяющих элементов). Это весьма затрудняет проверку полного ядерного материального баланса на такой установке.

Это обстоятельство должно учитываться при формировании отношения к данной установке с точки зрения гарантий, и в этом может заключаться отличие отношения к установке того же типа при ситуации полного охвата. Поскольку большинство находящихся под гарантиями установок эксплуатируется в условиях полного охвата, настоящая статья ограничивается рассмотрением подобных случаев.

Другие учитываемые факторы

Другими факторами, касающимися некоторых государств или групп государств и их топливного цикла в целом, являются эффективность государственной системы учета и контроля ядерных материалов и степень функциональной независимости операторов установки от этой системы (пункт 81 (b) документа [153]). Это недвусмысленно учитывается в соглашениях о гарантиях, в которые включаются специальные мероприятия по сотрудничеству между МАГАТЭ и государственной системой учета и контроля ядерных материалов или ее эквивалентом.

Кроме различий между типами соглашений о гарантиях существуют также существенные технические различия между национальными топливными циклами, которые должны учитываться в соответствии с пунктом 6 (c) документа [153]. Этот пункт требует концентрации проверки на тех стадиях ядерного топливного цикла, включая производство, переработку, использование или хранение ядерных материалов, на которых без труда можно изготовить ядерные взрывные устройства, т.е. на „материалах прямого использования“ (высокообогащенный уран и плутоний).

Этот руководящий принцип действительно использовался Агентством при концентрации инспекционной деятельности на таких „чувствительных установках“, как обогатительные или перерабатывающие заводы, и на других установках с большим количеством материала прямого использования (например, свежее топливо в некоторых реакторах, критических сборках и на заводах по изготовлению тепловыделяющих элементов). В результате этого в 1983 г. около 35 % всей инспекционной деятельности МАГАТЭ приходилось на 14 чувствительных установок, а остальные 65 % — на более чем 400 других установок. Конечно, это требует значительной инспекционной деятельности в государствах, обладающих большим количеством ядерных установок и сильно развитым топливным циклом: в 1983 г. почти 70 % инспекционной дея-

тельности приходилось на 5 из 50 стран, которые посетили инспекторы МАГАТЭ.

Из вышеуказанного становится ясно, что при формировании используемых в настоящее время подходов к гарантиям учитывались соответствующие юридические требования и важнейшие технические характеристики национальных топливных циклов.

Наряду с дифференцированным подходом к национальным топливным циклам, предписываемым соглашениями о гарантиях, для однотипных установок используются одни и те же методы и планируется одна и та же инспекционная деятельность. Такая политика четко отражает в соответствии с современным состоянием дел принцип недискриминации государств. Те, кто предлагает в дальнейшем сделать упор на ориентированные на топливный цикл подходы к гарантиям, очевидно, имеют в виду дополнительные различия между национальными топливными циклами. Это привело бы к неодинаковому отношению к одному и тому же типу установок в различных государствах в зависимости от характеристик национального топливного цикла, которые еще не учитываются.

Следует иметь в виду, что соответствующую модификацию методов осуществления гарантий следовало бы разрабатывать с осторожностью, чтобы можно было объективно обосновать приемлемым для государств-членов способом неодинаковое отношение к одному и тому же типу установок в различных национальных топливных циклах. Кроме того, следует продемонстрировать, что модифицированные подходы обладают, по крайней мере, той же эффективностью в достижении целей гарантий, что и ныне существующие.

Возможные модифицированные подходы

При анализе различий в топливных циклах разных государств пока не учитываются два критерия: 1) отсутствие чувствительных установок и 2) наличие в национальном топливном цикле большого количества установок одного и того же типа (например, легководные реакторы).

Случай топливных циклов, содержащих чувствительные установки, прямо подпадает под действие пункта 6 (c) документа [153]. Можно было бы задать вопрос, мыслимы ли приемлемые модификации подхода для „нечувствительных“ топливных циклов, которые привели бы к желаемой экономии людских ресурсов.

Для того, чтобы представить себе размер экономии, которую можно было бы ожидать в результате учета этих различий, можно использовать упрощенный метод, заключающийся в делении ядерных установок на четыре типа в соответствии с их индивидуальным „риском переключения на иные цели“, т.е. в соответствии с составом и количеством имеющегося ядерного материала*.

* Состав и количество ядерного материала уже учитывались при оценке РТИД для стандартного подхода в соответствии с пунктом 81 (a) документа [153].

Типы таких установок можно было бы сгруппировать следующим образом:

- a — перерабатывающие или обогатительные заводы как источники больших количеств материалов прямого использования;
- b — установки, содержащие большое количество необлученных материалов прямого использования, например, свежее топливо некоторых реакторов, критические сборки и связанные с ними заводы по изготовлению тепловыделяющих элементов;
- c — энергетические реакторы, работающие на низкообогащенном или природном уране, и соответствующие заводы по изготовлению тепловыделяющих элементов;
- d — небольшие исследовательские реакторы, лаборатории и т.д., содержащие в общей сложности материалы прямого использования в объеме меньше одной существенной величины SQ.

В прилагаемой таблице приводится примерное процентное распределение РГИД для ядерных установок, которые уже поставлены под гарантии или которые, как ожидается, будут поставлены под гарантии в течение ближайших нескольких лет в государствах, заключивших соглашения о применении гарантий в полном объеме.

Таблица. Примерное распределение РГИД для ядерных установок, которые уже поставлены под гарантии или которые, как ожидается, будут поставлены под гарантии в государствах, заключивших соглашения о применении гарантий в полном объеме

Тип топливного цикла	Доля государств (%)	Доля типа установок (%)				Доля полной инспекционной деятельности (%)
		a	b	c	d	
I	15	18	28	18	9	73
II	8	—	1	15	1	17
III	27	—	—	4	2	6
IV	50	—	—	—	4	4
Всего	100	18	29	37	16	100

Государства с топливным циклом типа IV физически не в состоянии переключить на иные цели единицу SQ материала прямого использования. Инспекционная деятельность в таких государствах незначительна и иногда совсем не проводится. Нельзя ожидать существенной экономии от модификации нынешнего подхода.

Государства с топливным циклом типа III физически были бы в состоянии переключить на иные цели единицу SQ или большее количество прямого использования только после производства материала на тайных перерабатывающих или обогатительных заводах. Это же справедливо и для топливного цикла типа II применительно к переключению на иные цели материалов с установок типа с и d.

Однако нынешний подход к гарантиям основан на предположении, что нельзя исключать существования тайных установок*. На сокращение инспекционной деятельности могло бы оказать воздействие коренное изменение этого основного предположения и принятие гипотезы: „Не существует тайных установок в условиях применения гарантий в полном объеме”.

В этом случае также было бы физически невозможно изготавливать ядерные взрывные устройства в государствах с топливным циклом типа III и на некоторых установках в государствах с топливным циклом типа II, а заверения о непереключении ядерных материалов на иные цели применительно к таким установкам теоретически могли бы даваться без проверок. Эта гипотеза затронула бы около 26 % общего объема расчетной деятельности.

Однако невероятно, чтобы с такой резкой модификацией доктрины гарантий согласились бы государства-члены; это объясняется целым рядом причин, а именно:

- МАГАТЭ юридически обязано в соответствии со своим Уставом и соглашениями о гарантиях осуществлять проверки всех установок, охватываемых соглашениями, и делать по их результатам заключения

- прекращение инспекционной деятельности по топливному циклу типа III и на определенных установках топливного цикла типа II могло бы рассматриваться другими государствами как дискриминационная или иная неприемлемая мера
- достоверность гарантий МАГАТЭ могла бы пострадать, так как не учитывались бы некоторые гипотезы переключения ядерных материалов на иные цели, признаваемые некоторыми аналитиками правдоподобными (например, государство могло бы переключать и накапливать ядерные материалы, а в последствии использовать их запрещенным способом)

Даже если вышеописанная гипотеза неприемлема, возможно, представляло бы интерес менее радикальное предположение: „Существование тайных установок является маловероятным”. Тогда проверка могла бы в соответствующих случаях быть менее строгой, и для топливных циклов типа III и IV, а также определенных установок топливного цикла типа II могла бы считаться приемлемой меньшая вероятность обнаружения переключения ядерных материалов на иные цели.

В результате этого стандартные РГИД для соответствующих установок типа с и d можно было бы умножить на „коэффициент сокращения” (r). Однако не существует научно обоснованного метода определения такого коэффициента. Видимо, необходима помощь экспертов со стороны для выбора значений этого коэффициента, которые были бы технически обоснованными и политически приемлемыми для государств-членов. Дальнейшей трудной проблемой явилась бы разработка методов

* Подробнее см. статью автора „Доверие к мерам проверки в рамках деятельности по гарантиям и гипотезы, допускающие переключение”. Бюллетень МАГАТЭ, том 25, № 4, стр. 30 (декабрь 1983 г.).

применения гарантий к установкам типа с и d, которые обеспечивали бы оптимальный, но сокращенный объем инспекционной деятельности.

В качестве примера возможного сокращения объема инспекционной деятельности произвольно возьмем $\gamma = 0,5$. Как видно из таблицы, можно было бы на 13 % сократить общий теоретический объем инспекционной деятельности.

Можно было бы также распространить сокращение с коэффициентом $\gamma = 0,25$ и на установки типа с и d топливного цикла типа I, допустив, что переключенный с этих установок материал может быть обнаружен на установках типа a, где он должен перерабатываться для получения материала прямого использования. В этом случае сокращение в нашем примере увеличилось бы примерно до 20 % от общего теоретического объема деятельности.

Однако рассчитанные таким образом цифры необходимо сравнить с цифрами, характеризующими текущую деятельность. В 1983 г. только около половины общего объема РТИД удалось осуществить с помощью имеющегося персонала; таким образом, реальная экономия текущей деятельности составила бы около 10 % от общего объема РТИД. Это не очень много по сравнению с возможной стоимостью достоверности при изменении гипотезы относительно переключения ядерных материалов на иные цели. Эта экономия может быть использована в первую очередь для повышения эффективности применения гарантий к установкам типа a и b, а также к установкам, которые будут поставлены под гарантии в будущем.

Второй вариант: схожие установки одного топливного цикла

Далее коснемся варианта (2), когда в рамках одного топливного цикла существует много установок одного и того же типа. Это применимо к некоторым топливным циклам типа I и II. В этом случае также возникает вопрос: можно ли сократить объем инспекционной деятельности таким образом, чтобы достигаемая эффективность была все же приемлемой для государств-членов?

Неоднократно высказывалась мысль, что широко используемый принцип выборочной проверки образцов ядерного материала можно было бы распространить на группы энергетических реакторов одного и того же типа. В таком случае инспекторы МАГАТЭ могли бы неожиданно появляться на выбранных установках. При этом утверждалось, что сдерживающий эффект таких „неожиданных инспекций“ компенсировал бы снижение эффективности учета материалов, связанное с отказом от инспектирования остальных энергетических реакторов.

Это предположение следует очень тщательно изучить, так как, за некоторым исключением, существуют определенные сомнения относительно эффекта неожиданности необъявляемых инспекций. Например, во многих случаях неизбежные процедуры (получение визы, наличие сопровождающего персонала государственной системы учета и контроля и т.п.) служили бы ранним предупреждением для возможного нарушителя. Однако более важным является то, что для эффективности инспекции требуется тщательная подготовка со стороны

оператора (например, обновление фондов хранения информации) и надлежащий выбор соответствующих стадий эксплуатации установки (например, активная зона энергетического реактора может быть проинспектирована только после снятия крышки корпуса реактора).

Следующий пример показывает порядок величины экономии, которую можно ожидать от использования метода „выбора установок“. В настоящее время семь государств имеют под гарантиями более пяти АЭС одного и того же типа. Оцененные и согласованные объемы РТИД для этих установок составляют около 19 % от общего объема инспекционной деятельности.

Например, возьмем снова коэффициент сокращения $\gamma = 0,5$ без учета соответствующего уменьшения эффективности. Принимая во внимание, что только часть РТИД может осуществляться в настоящее время, можно сэкономить только около 5 %. Это не очень много, и экономию следует рассматривать с точки зрения снижения эффективности.

Наконец, как это можно согласовать с пунктом 90 (с) документа [153], который требует от МАГАТЭ проверки физических количеств в каждой зоне материального баланса, находящейся под гарантиями?

Другой возможностью экономии людских ресурсов является ежегодная одновременная инвентарная проверка всего количества материала в топливном цикле. Такая проверка уже проводилась для свежего материала в топливном цикле на естественном уране и привела к некоторой экономии без снижения эффективности гарантий. Возможность применения этого метода для топливного цикла с легководными реакторами является еще открытым вопросом, заслуживающим тщательного изучения.

Воздействие на задачи обнаружения

В большинстве случаев рассматриваемые концепции связаны с ослаблением, по крайней мере для некоторых установок, одного из наиболее важных параметров, определяющих эффективность гарантий, т.е. с уменьшением вероятности обнаружения. Можно было бы задать вопрос, возможны ли модификации других задач обнаружения, а именно, времени обнаружения и SQ, которые привели бы к экономии людских ресурсов при приемлемом уровне снижения эффективности.

В действительности ситуация с людскими ресурсами и практический опыт уже потребовали увеличить время обнаружения с двух-трех до четырех недель для легкодоступного материала прямого использования. Однако государства-члены, видимо, не готовы пойти на дальнейшее увеличение времени обнаружения. Более того, следует иметь в виду, что широко используемые для надзора системы автоматических кинокамер требуют замены пленок и обслуживания каждые три месяца. Это отнимает у инспектора на установке значительную часть времени, по крайней мере пока не появятся новые высоконадежные системы кинокамер с большей продолжительностью работы или не будут разработаны другие более совершенные методы гарантий.

Наконец, остается проблема SQ. Увеличение применяемых в настоящее время значений SQ привело бы к определенной экономии людских ресурсов, так как эта величина является одним из факторов, определяющих объем образцов и тем самым объем необходимой деятельности по их проверке. Практика показывает, что в большинстве случаев количественные задачи обнаружения могут быть решены умеренными силами. Кроме того, относительно большие изменения в значениях SQ дали бы в итоге лишь небольшое уменьшение объема деятельности. Для сложных установок были установлены с учетом их достижимости конкретные цели обнаружения, которые не обязательно совпадают с величиной SQ.

Некоторая экономия возможна, но требуются дальнейшие исследования

Сделанные в настоящей статье приблизительные оценки показывают, что, по-видимому, можно обеспечить некоторую экономию людских ресурсов при инспекции, если применяемые в настоящее время методы гарантий будут модернизированы с большим учетом аспектов топливного цикла, например, путем отказа от некоторых предположений о пере-

ключении ядерных материалов на другие цели и уменьшения желаемой степени вероятности обнаружения для многих ядерных установок. Однако эффект таких модификаций должен быть тщательно изучен применительно к следующим моментам:

- применяемость значительного изменения доктрины гарантий МАГАТЭ (пренебрежение некоторыми предположениями о переключении ядерных материалов в иных целях) может быть указана с уменьшением степени вероятности обнаружения
- применяемость различного подхода к установкам одного и того же типа, находящимся в разных странах
- ожидаемая реальная экономия людских ресурсов
Эти сложные проблемы потребуют тщательного изучения. Кроме того, потребуются проверки модифицированных подходов в условиях практической инспекционной работы и в случае удовлетворительных результатов будет необходимо, чтобы государства-члены согласились с существенными изменениями основополагающих концепций гарантий. Не следует недооценивать то время и усилия, которые потребуются для таких исследований и проверок.