

Гарантии на легководных реакторах: сложившаяся практика и тенденции на будущее

Испытание новейших методов проверки легководных реакторов — один из аспектов деятельности МАГАТЭ по повышению эффективности и действенности гарантий

**Нил Хармс
и Перпетуа
Родригес**

Меры по гарантиям на легководных реакторах — основном типе ядерного энергетического реактора, используемого во всем мире в настоящее время для производства электроэнергии, — прочно внедрились в практику. Сегодня в государствах, не обладающих ядерным оружием, гарантии МАГАТЭ относятся к более чем 220 легководным и иным типам энергетических реакторов*.

В настоящей статье рассматриваются действующая практика осуществления гарантий МАГАТЭ применительно к легководным реакторам, а также находящиеся на рассмотрении или в стадии разработки меры по гарантиям, которые еще не применяются.

Почему МАГАТЭ осуществляет гарантии на атомных электростанциях? Почему эти установки представляют собой угрозу ядерного распространения? Для ответа на эти вопросы важно обратить внимание на характер ядерных материалов, используемых на атомных электростанциях. Оставив пока в стороне применение смешанного урано-плутониевого окисного топлива (СО), отметим, что на легководных реакторах используется малообогащенный уран (МОУ), относимый к категории материалов “косвенного использования” с точки зрения его потенциального применения для производства ядерного оружия. После использования этих материалов в активной зоне реактора отработавшее топливо относится уже к категории материала “прямого использования”. Плутоний, содержащийся в отработавшем топливе, а также в свежем топливе на смешанных оксидах, с точки зрения гарантий представляет собой стратегический материал. Это — один из решающих факторов, влияющих на подход к гарантиям и на задачи инспектирования установок.

Осуществление гарантий на этих установках происходит в рамках соглашений между самим государством или государствами и МАГАТЭ. Для выполнения своих обязательств по этим соглашениям Агентство осуществляет проверки, с тем чтобы сделать свои собственные независимые вы-

воды о гарантиях. В отношении соглашений, заключенных на основании Договора о нераспространении ядерного оружия, технические цели гарантий определены в пункте 28 INFCIRC/153 (с исправлениями) как состоящие “в своевременном обнаружении переключения значимых количеств ядерных материалов с мирной ядерной деятельности на производство ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств или на неизвестные цели, а также в сдерживании такого переключения в связи с риском раннего обнаружения”. Соглашения о гарантиях в рамках системы Договора о нераспространении основываются на руководящих принципах, содержащихся в документе INFCIRC/66 Rev.2; в соответствии с ними требуется применять гарантии в отношении ядерных материалов, установок, оборудования, неядерных материалов и определенной технической информации. Порядок планирования деятельности в области гарантий на этих установках со стороны МАГАТЭ именуется “подходом к гарантиям”.

Классический подход к гарантиям

Подход к гарантиям основан на анализе любых технически возможных путей переключения на установке и на требованиях конкретного соглашения о гарантиях. Такой подход рассчитан также на то, чтобы учитывать возможное незаявленное производство материалов прямого использования. Это касается систем учета ядерных материалов, сохранения, наблюдения и прочих мер, необходимых для осуществления гарантий. Принимается также во внимание следующее: i) способы измерения и методы, имеющиеся у Агентства; ii) конструкционные особенности установки; iii) форма

* По состоянию на январь 1996 г. гарантии МАГАТЭ в государствах, не обладающих ядерным оружием, относились к 226 энергетическим реакторам. Тогда во всем мире насчитывалось 437 атомных электростанций; разница, таким образом, получается за счет энергетических реакторов в государствах, обладающих ядерным оружием, которые не подпадают под гарантии МАГАТЭ.

Г-н Хармс и г-жа Родригес являются сотрудниками Отдела операций (В) Департамента гарантий МАГАТЭ.

и доступность ядерных материалов; iv) возможное наличие ядерной деятельности, не охваченной гарантиями; и v) опыт проведения инспекций.

Задача инспекций

Задача инспекции на установке включает компоненты количества и своевременности (см. таблицу). Количественный компонент касается масштаба деятельности по проведению инспекций, необходимых для обеспечения уверенности в отсутствии переключения значимого количества (ЗК) ядерных материалов за период подведения баланса материала (ПБМ). В свою очередь компонент своевременности касается периодичности проведения инспекций, необходимой для обеспечения уверенности в отсутствии внезапного переключения. Задача по проведению инспекции на каждой установке считается выполненной, если соблюдены все критерии, относящиеся к типам и категориям материалов, имеющихся на установке. При осуществлении гарантий Агентство стремится к полной реализации обоих компонентов задачи инспекций.

Сложившаяся практика осуществления гарантий

Каким образом в настоящее время осуществляются гарантии МАГАТЭ? В основном это регулируется Уставом МАГАТЭ и соглашениями о гарантиях. В пункте 2 документа INFCIRC/153 (с исправлениями) — типового соглашения о гарантиях — более подробно говорится о том, что гарантии будут осуществляться “исключительно с целью проверки того, чтобы такой материал не переключался на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства”. В отношении легководных реакторов подход к гарантиям учитывает два следующих основных механизма по достижению целей инспекции:

Учет элементов. Он включает подсчет и идентификацию элементов, неразрушающие измерения и изучение для проверки сохранения целостности элементов.

Меры по сохранению и наблюдению (С/Н). Они используются в дополнение к методам проверки учета в рамках гарантий применительно к отработавшему топливу. Поскольку активные зоны реакторов обычно открываются не чаще одного раза в год, нередко имеется возможность опечатать крышку несущего давление корпуса реактора.

Установка системы наблюдения, контролирующей место, где хранится отработавшее топливо, позволяет Агентству выявлять случаи незаявленного перемещения ядерных материалов и возможного нарушения сохранения и/или воздействия на оборудование по осуществлению гарантий МАГАТЭ.

Коротко говоря, для достижения целей инспекций МАГАТЭ делается следующее:

● **Ревизия материально-балансовых учетных документов и сравнение с отчетами, представляемыми Агентству.**

● **Рассмотрение эксплуатационных учетных документов и согласование с материально-балансовыми учетными документами.**

● **Проверка свежего топлива перед загрузкой активной зоны.** Для выявления возможного переключения свежего топлива проводится проверка путем подсчета элементов, идентификации серийного номера и неразрушающего анализа (НРА). На установках, использующих свежее СО топливо, проверка проводится ежемесячно путем подсчета элементов, идентификации серийного номера и проверки печати, исходя из предположения, что топливо получено с установки, в отношении которой действуют гарантии МАГАТЭ. Однако в отношении свежего СО топлива, полученного с не подпадающих под действие гарантий установок, производятся дополнительные измерения НРА, и топливо, в случае его нахождения в сухом хранилище, опечатывается, а в случае его нахождения во влажном хранилище — ставится под наблюдение. Проверка печати и/или оценка результатов наблюдения также осуществляются ежемесячно в дополнение к обычным методам проверки учета.

● **Проверка топлива в активной зоне.** Проверка топлива проводится путем подсчета элементов и идентификации серийного номера после перегрузки топлива и перед закрытием корпуса реактора. На установках, использующих в активной зоне свежее СО топливо, загрузка осуществляется под наблюдением человека или при подводном наблюдении. Вскоре после проверки применяются меры С/Н для обеспечения того, чтобы активная зона реактора оставалась без изменений.

● **Проверка бассейна для отработавшего топлива.** Такая проверка производится после опечатывания шлюзовых ворот или закрытия активной зоны реактора. Помимо оценки применяемых мер С/Н производится проверка отработавшего топлива путем наблюдения за свечением Черенкова и его оценки с использованием методов НРА.

Значимые количества ядерных материалов и цели своевременности

Категория	Тип	Значимые количества	Цели своевременности
Материал прямого использования	Плутоний*	8 кг плутония	1 месяц
	Высокообогащенный уран	25 кг урана-235	1 месяц (свежий)
	Плутоний в отработавшем топливе	8 кг плутония	3 месяца (отраб.)
	Уран-233	8 кг урана-233	3 месяца
Материал косвенного использования	Малообогащенный уран**	75 кг урана-235	12 месяцев
	Торий	20 т тория	12 месяцев

* для плутония, содержащего менее 80% плутония-238

** менее 20% урана-235; включает природный и обедненный уран

МАГАТЭ ежегодно выпускает Доклад об осуществлении гарантий, в котором отражены основные выводы, обращается внимание на недостатки и рекомендуются меры по их исправлению. Речь идет о таких проблемах, как неоднозначные результаты наблюдения, отсутствие соответствующего оборудования, не доведенные до конца меры по гарантиям, трудности проверки некоторых ядерных материалов, ограничения в планировании инспекций, вопросы назначения инспекторов и некоторые другие административные проблемы, косвенно влияющие на достижение целей МАГАТЭ.

На основе опыта, приобретенного при разрешении этих проблем, были рекомендованы меры по сведению к минимуму возможности их возникновения, которые значительно усовершенствовали процедуру осуществления гарантий. В отношении стран Европейского союза между Агентством и Евратомом было заключено соглашение о совместной деятельности (именуемое "Новый подход к партнерству"), которое привело к снижению трудоемкости инспекций и к введению новых систем наблюдения. Было усовершенствовано оборудование, позволяющее преодолевать трудные условия на установках, где традиционное оборудование не могло обеспечить однозначные результаты проверки. Дополнительному усовершенствованию подхода к гарантиям на некоторых установках способствовало и сотрудничество со стороны операторов.

"Программа 93+2" и перспективы на будущее

Недавние события наглядно продемонстрировали, что система гарантий МАГАТЭ должна обеспечивать их достоверность в отношении не только заявленной ядерной деятельности, но и отсутствия незаявленной ядерной деятельности. Система, основанная на учете материалов, оказалась надежной в обеспечении гарантий мирного использования заявленных материалов, установок и объектов. Однако новые меры позволят укрепить эту систему и повысить ее эффективность, в частности, путем усовершенствования способности Агентства выявлять незаявленную деятельность в государствах, заключивших всеобъемлющие соглашения о гарантиях. Подчеркивалась необходимость укрепления мер, выходящих за пределы сферы действия существующих соглашений о гарантиях. Это привело к созданию так называемой "Программы 93+2", цель которой заключается в обеспечении наиболее эффективного общего подхода к укреплению гарантий и одновременно в сокращении частоты применения некоторых других мер, добиваясь тем самым снижения расходов.

Системы дистанционного контроля. В качестве шага в направлении достижения цели МАГАТЭ по снижению затрат на проведение инспекций легководных реакторов при одновременном повышении эффективности и действенности

гарантий путем совместных усилий МАГАТЭ и Швейцария провели полевые испытания с использованием системы дистанционного контроля (СДК) на установках полустатического хранения. Подтверждаемая испытаниям СДК целиком основана на цифровом методе, который облегчает получение изображения и обработку данных (например, информации о печатях Агентства), а также их передачу, обработку и хранение. Система связи не зависит от системы контроля. Оборудование имеет достаточный внутренний накопитель информации и аккумуляторный источник питания, позволяющие системе снимать изображение и информацию в случае отсоединения от сети и/или энергетической системы установки. Для контроля за работой оборудования и выявления возможных неисправностей система обеспечивает подачу информации об эксплуатационном состоянии установки и связанных с ней компонентов. Степень приближенности такой подачи к реальному времени зависит от настройки, обеспечивающей получение изображения и данных. Предполагается использовать СДК на установках с легководным реактором при одновременном сокращении числа промежуточных инспекций — как объявленных, так и необъявленных. Необъявленная инспекция означает, что государство и оператор информируются о намерении Агентства провести такую инспекцию лишь по прибытии инспектора МАГАТЭ на установку.

Каким образом предполагаемое использование новейшей технологии, например СДК на установках с легководным реактором, может отразиться на текущем осуществлении гарантий? На легководных реакторах, где в настоящее время ежегодно проводится от трех до четырех ежеквартальных промежуточных инспекций, их число может сократиться до одной необъявленной инспекции в дополнение к проверке фактического количества материала в наличии. На легководных реакторах, использующих свежее СО топливо, количество проводимых за год ежемесячных промежуточных инспекций может сократиться до двух—четырех необъявленных инспекций. Синергическое воздействие сочетания обычных инспекций, необъявленных инспекций, обеспечивающих широкий доступ к местам, указанным в расширенном заявлении, развития сотрудничества с государственными системами учета и контроля (ГСУК), новейшей технологии в области С/Н и более частого представления операторами установок некоторых эксплуатационных данных и информации о передаче ядерных материалов приведет к повышению уверенности в исключительно мирном использовании установок и отсутствию незаявленной деятельности.

При рассмотрении альтернативного подхода к гарантиям целесообразно учитывать точку зрения сторон, непосредственно затрагиваемых гарантиями МАГАТЭ в отношении легководных реакторов, а именно операторов установок и ГСУК конкретного государства.

Каждая инспекция в рамках гарантий МАГАТЭ рассматривается как "вмешательство" в обычную

деятельность оператора ядерной установки. А как операторы таких установок относятся к инспекциям в рамках гарантий во время простоев для перегрузки топлива, когда они полностью заняты работами по техническому обслуживанию и остановке реактора? Сколько времени занимает обычная рядовая инспекция в рамках гарантий? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо учитывать следующее:

- Сокращение числа инспекций МАГАТЭ, особенно в период простоя реактора для перегрузки и технического обслуживания.
- На легководных реакторах, получающих свежее СО топливо, возможна координация проверок МАГАТЭ с регулируемыми функциями другого государства (отправителя) для сведения к минимуму работ с оборудованием и снижения риска радиационного облучения персонала.
- Внедрение усовершенствованных систем контроля без посещения и наблюдения с целью сокращения частоты инспекций и затрат на них при сохранении и повышении эффективности гарантий; эти системы могут обеспечивать передачу информации непосредственно Агентству для анализа в режиме почти реального времени.
- Более широкое использование инспекторами МАГАТЭ компьютеризованных учетных документов операторов для содействия своевременному и эффективному проведению ревизий.
- Заключение практического рабочего соглашения между ГСУК и конкретным Отделом операций МАГАТЭ об использовании требуемого для выполнения работы числа назначенных инспекторов, знакомых с конструкцией и процедурами работы конкретной установки. В данном случае цель заключается в избежании многократных контактов с новыми инспекторами. Если "команда" назначенных инспекторов будет определена в начале календарного года, ГСУК сможет принять необходимые меры, чтобы содействовать соблюдению административных требований оператора относительно охраны и радиационной безопасности, а также облегчению прохождения формальных процедур, с которыми иногда приходится сталкиваться во время инспекций; при этом, однако, график инспекций может оказаться более свободным или потребовать увеличения числа инспекторов.
- Составление такого графика инспекций МАГАТЭ, при котором они проводились бы в дневную смену (т. е. с 08.00 до 18.00 час.), чтобы персонал установки, знакомый с гарантиями МАГАТЭ, был на месте. Иногда приходится отступать от этого правила, например при работе по перегрузке топлива, т. е. загрузке свежего СО топлива в активную зону. Важно также, чтобы персонал смены был информирован о потребностях МАГАТЭ, связанных с оборудованием, например об обеспечении соответствующего освещения в местах установки оборудования наблюдения Агентства, или о мерах, которые принимаются в случае повреждения печати МАГАТЭ.

На пути к расширению сотрудничества

В отношении большинства действующих в различных странах мира легководных реакторов, подпадающих под гарантии МАГАТЭ, применяется классический подход. В нем используется сочетание обычных промежуточных инспекций с инспекциями по проверке фактического количества материала в наличии. Кроме того, он включает учет ядерных материалов, сохранение и наблюдение, а также другие меры, необходимые для обеспечения уверенности в отсутствии ядерной деятельности, не охватываемой гарантиями.

В рамках деятельности МАГАТЭ по разработке усовершенствованного подхода к гарантиям в отношении легководных реакторов Агентство в настоящее время изучает возможность создания под эгидой "Программы 93+2" сети систем наблюдения в режиме почти реального времени без посещения в отношении легководных реакторов в пределах того или иного государства. Полученная от такой сети информация будет дополняться не столь часто проводимыми инспекциями МАГАТЭ и, скорее всего, не будет сопряжена с предварительным уведомлением. Можно также предположить, что инспектору во время его нечастых инспекций потребуется расширенный доступ на площадку установки. Экономия средств в результате применения такого нового подхода отчасти будет зависеть от конкретного топливного цикла и количества установок, подлежащих инспектированию.

Пересмотр требований относительно целей своевременности МАГАТЭ — путем использования новейшей технологии и/или повышения уверенности в отсутствии незаявленной деятельности (в частности, незаявленной переработки или обогащения) — также послужит основой для сокращения затрат при осуществлении гарантий в отношении заявленных материалов в топливных циклах на природном или малообогащенном уране. □

Атомная электростанция в Лейбштадте, Швейцария.

