

# Роль программ поддержки в осуществлении гарантий

## Обзор исследований, разработок и тенденций в этой области

Х. Курихара

Успешное осуществление гарантий МАГАТЭ зависит от многих факторов. Гарантии основаны на соглашении между Агентством и государством (в случае применения гарантий по ДНЯО – документ INFCIRC/153), дополнительных положениях и приложениях по установкам. Прежде чем начать переговоры по составлению приложений по установкам, Агентство изучает пути возможного переключения ядерных материалов и разрабатывает подход к применению гарантий для конкретной установки. Такой подход предполагает своевременное представление государством Агентству отчетов об изменениях инвентарных количеств материала или материально-балансовых отчетов, для обработки которых МАГАТЭ разработало собственную систему. Кроме того, поскольку Агентство проводит инспектирование установок с целью проверки находящихся в них ядерных материалов, оно должно установить процедуры инспекции, применимые к определенному типу установок. Основным средством проверки, используемым Агентством, является учет ядерного материала, включающий сохранение и наблюдение в качестве существенных дополнительных мер.

Для того, чтобы учет ядерного материала был эффективным, инспектора должны иметь право проводить независимые измерения в целях проверки достоверности данных, представленных в учетных записях. Используются два основных метода: неразрушающий анализ (НРА) и разрушающий анализ (РА). Методы сохранения и наблюдения применяются в целях экономии усилий на инспекционную деятельность по гарантиям (путем сокращения частоты проверки учета) и обеспечения прохождения материала установленными путями, его целостности и учета в надлежащих местах измерения. Агентство оценивает свою деятельность по гарантиям и о результатах сообщает Совету управляющих в ежегодных докладах об осуществлении гарантий. Разрабатываются методы оценки и обеспечения качества для подготовки таких докладов. Деятельность Агентства по осуществлению гарантий нуждается в программе дальнейших разработок.

Гн-Курихара – директор Отдела развития и технической поддержки Департамента гарантий МАГАТЭ. Автор выражает искреннюю признательность коллегам, подавшим ему идею написания данной статьи, особенно г-дам А. фон Бекманну и Д.Е. Рундквисту.

Основные исследования и разработки были выполнены в рамках осуществляемых государствами-членами программ поддержки гарантий, а не самим Агентством. В данной статье кратко излагается история проведения исследований и разработок по программам поддержки, обрисовывается существующая обстановка и определяются тенденции.

### Ранние стадии

В течение всей истории развития гарантий соответствующие исследования и разработки проводились самим Агентством в очень ограниченном объеме. Необходимые для этого Агентству финансовые и трудовые ресурсы ограничивались государствами-членами, считающими, что МАГАТЭ – не исследовательское учреждение, а исполнительный орган. Первоначально Агентство удовлетворяло свои потребности в исследованиях и разработках спорадическими усилиями научных учреждений государств-членов. Затем в конце 60-х годов при Лос-Аламосской лаборатории в США была создана группа по гарантиям, которая начала исследования и разработки по технологии применения гарантий. Научно-исследовательский институт в Карлсруэ (ФРГ) также начал осуществление проекта исследований по гарантиям.

В 1970–1971 гг. Советом управляющих был создан Комитет по гарантиям, который разработал документ (INFCIRC/153), ставший типовым соглашением между Агентством и государством-членом в рамках Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО). В результате дискуссий была признана важность расширения исследований и разработок по гарантиям. Примерно в это же время были созданы две ассоциации для проведения соответствующих работ по гарантиям: Институт проблем обращения с ядерными материалами (INMM) в США и Европейская ассоциация по исследованиям и разработкам в области гарантий (ESARDA) в Европе. Агентство же начало проведение серии симпозиумов по гарантиям.

Осуществление в государствах-членах первой программы поддержки гарантий (программа США) началось в 1976 г. Вскоре появились и другие: в Канаде (1977 г.), в Федеративной Республике Германии (1978 г.), в Великобритании и Австралии (1980 г.), в Японии и Европейском сообществе по атомной энергии – Евратоме (1981 г.), в СССР и

Бельгии (1982 г.), во Франции (1983 г.), в Италии (1985 г.) и в Швеции (1987 г.).

Осуществление программ поддержки началось по двум основным причинам: 1) решение Совета о том, что любые требуемые разработки лучше вести на установках государств-членов, чем создавать для этого свои собственные мощности, и 2) признание Агентством того факта, что некоторые проблемы гарантий могут быть решены только путем создания новых методов и оборудования.

Программы поддержки охватывают не только разработку оборудования и процедур для неразрушающего и разрушающего анализа и сохранения/наблюдения, но и разработку подходов к применению гарантий, подготовку инспекторов Агентства, разработку методов обработки информации и оценки гарантий, предоставление Агентству услуг экспертов на бесплатной основе.

Программа поддержки утверждается путем обмена письмами между государством-членом и Генеральным директором МАГАТЭ. Программа поддержки предполагает совместную деятельность государства-члена и МАГАТЭ и требует тесной координации работ. Обе стороны получают пользу от выполнения этих работ.

Агентство видит пользу в наличии гибкого источника средств и руководстве проектом, направленным на решение сложных проблем, в доступе к различным возможностям новейших ядерных установок, в реальной обстановке для проведения испытаний, оценок и обучения; в ценных источниках информации о тенденциях в развитии ядерной промышленности и сроках строительства установок.

Государство-член видит пользу в получении помощи в подготовке своих установок к применению на них мер гарантий, в обеспечении того, чтобы используемые методы и оборудование отвечали требованиям безопасности; в наличии форума, позволяющего убедиться в том, что Агентство понимает практические трудности, связанные с условиями работы установок и с процедурами их эксплуатации; в получении информации через Агентство о современных методах и приборах.

### Статус программ поддержки

Прошло более 10 лет с того времени, когда начала осуществляться первая программа поддержки. Это время ознаменовалось благодаря таким программам многими достижениями. К их числу можно отнести следующее:

- Фактически все оборудование, используемое в настоящее время Департаментом гарантий, было разработано, испытано, усовершенствовано или документировано по программам поддержки.
- Бесплатные услуги экспертов предоставлялись во всех областях гарантий.

### Крупные задачи в программах поддержки

Системные исследования	24
Технология измерений	100
Технология сохранения и наблюдения	55
Обработка информации	12
Оценка гарантий	16
Обучение	28
Другие	35

● Обеспечивались учебное оборудование, установки, лекции и в целом курсы.

● Предоставлялась помощь в развитии или поддержке многих других областей гарантий; сюда относятся обработка данных, оценка, руководство, ремонт, обеспечение качества и изучение систем.

Таким образом, выполненные государствами-членами программы поддержки помогли Агентству решить почти все проблемы, связанные с выполнением им своих обязанностей перед государствами-членами по гарантиям (некоторые приборы по гарантиям, созданные в результате осуществления программ поддержки, описываются в следующем разделе). В настоящее время в рамках 12 программ поддержки решаются 270 крупных задач (см. прилагаемую таблицу).

Что касается финансовой помощи, то в последнее время расходовалось примерно 12–14 млн. долл. США в год. Точно определить расходы в единой валюте невозможно, поскольку имеют место существенные различия в формах финансирования и осуществлении конкретных программ.

В последние годы большое значение приобрели вопросы координации деятельности Агентства и осуществления программ поддержки, а также координация в рамках реализации самих программ. Агентство располагает несколькими возможностями для обеспечения такой координации. В 1983 г. Агентство провело совещание координаторов, на котором присутствовали все координаторы программ поддержки. На нем обсуждались вопросы руководства программами поддержки и лучшего их координирования. Совещания координаторов проводились также в 1984 г. и в 1986 г., и еще одно намечено на 1988 г.

По большинству программ поддержки Агентство проводит годовые или полугодовые обзорные совещания. Рассматривается каждая поставленная задача, оценивается ее эффективность, обсуждаются новые предложения. Агентство назначает представителей по каждому проекту, назначают также представители соответствующих стран для каждой программы поддержки. Кроме того, Агентство организует время от времени тематические технические совещания: в 1987 г. были проведены два таких совещания.

Раз в два года Агентство собирает информацию по исследованиям и разработкам (главным образом, по программам поддержки) и выпускает „Отчет о развитии гарантий”. Этот отчет содержит общий обзор проведенных за два истекших года исследований и разработок в различных областях, а также краткое описание всех крупных задач, решаемых в рамках программ поддержки (см. таблицу совещаний, проведенных в 1987 г. по координации исследований и разработок).

### Некоторые результаты исследований и разработок

Как отмечено выше, исследования и разработки охватывают почти всю область гарантий. Здесь невозможно указать все разработки оборудования ведущиеся по программам поддержки, поэтому дается описание лишь некоторых его видов, широко используемых Агентством. В области практики учета ядерных материалов инспекторами Агентства часто используется оборудование для не-

Технические и обзорные совещания по гарантиям в 1987 г.

Технические совещания:	Дата:	Участники:
Совещание по анализу миллиграммовых образцов плутония	Июль 1987 г.	Представители сетевых лабораторий Бельгии (CEN), ЧССР (CCL), Франции (CEA), Нидерландов (ECN), США (NBL)
Совещание консультативной группы по методам измерений находящегося под гарантиями отработавшего топлива энергетических реакторов с помощью неразрушающего анализа	Ноябрь 1987 г.	Участники от Аргентины, Австралии, Австрии, Бельгии, Болгарии, Канады, ЧССР, Евратома, Финляндии, Федеративной Республики Германии, Франции, Германской Демократической Республики, Венгрии, Италии, Японии, Швеции, Великобритании, США и СССР.

Совещания по рассмотрению программ поддержки:

	Дата/место
Программа поддержки СССР	Март (Австрия)
Программа поддержки Канады	Май (Австрия)
Программа поддержки США	Май (США)
Программа поддержки Италии	Май (Италия)
Программа поддержки Японии	Июнь (Австрия)
Программа поддержки ФРГ	Июнь (Австрия)
Программа поддержки Швеции	Август (Австрия)
Программа поддержки Евратома	Сентябрь (Австрия)
Программа поддержки Канады	Октябрь (Евратом, ОИЦ, Испра, Италия)
Программа поддержки ФРГ	Октябрь (Канада)
Программа поддержки Италии	Ноябрь (ФРГ)
Программа поддержки США	Ноябрь (Австрия)
Программа поддержки Великобритании	Ноябрь (Австрия)
	Ноябрь (Великобритания)

разрушающего анализа. Оборудование, которым они располагают для этой цели, предназначено, главным образом, для измерения гамма- и нейтронного излучения различных ядерных материалов.

**Гамма-спектрометрия.** Основными видами приборов для измерения гамма-излучения являются сцинтилляционные счетчики (обычно активированные кристаллы иодистого натрия – NaI) и полупроводниковые детекторы (обычно кристаллы высокочистого германия – Ge). Детекторы с NaI имеют низкое энергетическое разрешение, но они могут обладать более высокой эффективностью регистрации обнаружения, чем германиевые детекторы. Германиевые детекторы имеют значительно лучшее разрешение, что выражается в способности разрешать сложные гамма-спектры и обеспечивать значительно большей информацией об изучаемых материалах.

Для целей гарантий проводятся спектрометрические измерения как с низким, так и с высоким разрешением. В спектрометрии с низким разрешением инспекторами Агентства широко используется ручной гамма-монитор (HM-4). Это простой монитор, настроенный на энергию гамма-излучения и работающий от батареи. Он разработан по программе поддержки и частично заменяет старый стабилизированный монитор (SAM-2). Это прибор с пистолетной рукояткой, встроенным детектором с NaI и цифровым дисплеем; в настоящее время он нашел широкое применение. Он рассчитан, главным образом, для измерений на необлученном уране.

В спектрометрии с высоким разрешением применяются в основном многоканальные анали-

заторы (MCA) вместе с германиевыми детекторами. Высокое разрешение этих детекторов может быть использовано для выделения и измерения пиков гамма-излучения в сложном спектре, который не может быть разрешен с помощью сцинтилляционной спектрометрии, например, при неразрушающем определении изотопного состава плутония. Эта система находила неоднократное применение, включая измерения плутониевых материалов и определение обогащения шестифтористого урана в цилиндрах. MCA Silena Cicero с германиевыми детекторами – типичные приборы, используемые инспекторами Агентства. По программе поддержки недавно был разработан портативный многоканальный анализатор (PMCA). Он может использоваться при измерениях гамма-излучения с низким и высоким разрешением и выполнять многие функции прибора SAM-2.

**Регистрация нейтронов.** В этой области наиболее широко применяемым прибором является высокоуровневый нейтронный счетчик совпадений (HLNCC), различающий нейтроны, образуемые в результате спонтанного деления изотопов плутония, и нейтроны, получаемые от реакций ( $\alpha, n$ ). В зависимости от конкретной конструкции головки детектора данная система может применяться для различных видов материалов, содержащих плутоний. Разработка HLNCC была также осуществлена по программе поддержки (см. прилагаемую таблицу в части оборудования МАГАТЭ для неразрушающего анализа).

**Сохранение и наблюдение.** Системы оптического наблюдения широко применяются для конт-

### Оборудование для неразрушающего анализа

Приборы для измерения гамма-излучения с низким разрешением (HM-4, SAM-2 и Pitman 322C)	75
Портативные МКА для измерений гамма-излучения с низким и высоким разрешением	38
Гамма-спектрометры с высоким разрешением (МКА Silena с германиевыми детекторами)	47
Установки для нейтронного измерения совпадений (HLNC и другие нейтронные детекторы с электроникой совпадений)	46
Усилители изображения свечения Черенкова (приборы ночного видения)	25
Ультразвуковые толщиномеры	20
Системы взвешивания на основе динамометрических датчиков	13
Денситометры с использованием эффекта К-полосы поглощения	2
Мониторы отработавшего топлива на основе ионная камера/делительная камера (установки ION-1)	2

Инвентарный перечень МАГАТЭ по состоянию на конец 1987 г.

роля за движением ядерных материалов и установления постоянного надзора за хранимыми материалами, например, за отработавшим топливом ядерных реакторов.

Основная установка фотонаблюдения, используемая Агентством, – сдвоенная система „Минопльта“. Камеры работают в едином кадре и включаются через установленные интервалы времени с помощью кварцевого таймера конструкции МАГАТЭ. В настоящее время функционируют свыше 200 таких установок. Но их больше нет на рынке, так как фирма „Минопльта“ решила прекратить их производство. Необходима скорейшая разработка систем, которые могли бы заменить „Минопльту“. По нескольким программам поддержки энергично ведется работа над этой проблемой. Предполагается, что в течение 2–3 лет может появиться телевизионная система с замкнутым контуром, отвечающая целям Агентства.

Система опечатывания включает в себя средства сохранения, в которых содержится поставленный под гарантии ядерный материал; средства для постановки печати (например, металлическая проволока) и печать. Печать с металлической Е-образной крышкой широко применяется в сочетании с медной или стальной проволокой, завязываемой узлом или укладываемой внутри печати. Печатам присваиваются порядковые номера, а с внутренней стороны крышки ставятся уникальные идентификационные метки, регистрируемые до использования печатей. При возвращении использованной печати в штаб-квартиру Агентства, проверяется ее подлинность. Ведутся разработки, имеющие целью создать печати, которые можно было бы проверять *in situ* без необходимости

снимать их и направлять в штаб-квартиру (см. в прилагаемой таблице оборудование МАГАТЭ для сохранения/наблюдения). За 1986 г. в штаб-квартире Агентства было проверено 10 300 печатей с помощью видеодискового устройства.

Многие годы исследования и разработки по гарантиям проводились Агентством по очень широкому кругу проблем. С помощью государственных достигнут значительный прогресс. Считается, что исследования и разработки находятся в стадии зрелости. И действительно, в настоящее время Агентством широко используются многие виды процедур, оборудования и т.д.

Но исследования и разработки по международным гарантиям должны продолжаться. В докладах об осуществлении гарантий указываются проблемы, которые возникают при применении гарантий Агентства. Одни из этих проблем связаны с отсутствием соответствующей технологии измерения конкретных видов ядерных материалов, другие возникают в результате плохой работы оборудования. Для устранения этих проблем крайне необходимо создание более надежного оборудования.

Важно также подготовиться к предстоящим изменениям в ядерной промышленности. Наблюдается тенденция к созданию еще более автоматизированных предприятий, особенно установок топливного цикла. Поскольку операции на них достигают высокого уровня автоматизации, определенные виды контрольной деятельности Агентства могут встретить очень большие трудности. Доступ к ним для инспекторов может быть резко ограничен. Непосредственное применение Агентством методов неразрушающего анализа или взятие проб могут оказаться невозможными. Поэтому постоянное проведение исследований и разработок жизненно необходимо для успешного осуществления Агентством гарантий в будущем.

### Возможные тенденции

Как уже отмечалось, осуществляемые в государствах-членах программы поддержки полезны как для Агентства, так и для самих государств-членов. Поэтому предполагается, что эти программы будут расширяться. В сентябре 1987 г. представитель Германской Демократической Республики

### Оборудование для сохранения/наблюдения

Установки для фотонаблюдения	287
Телевизионные установки с замкнутым контуром	36
Счетчики связок отработавшего топлива	16
Установки видеонаблюдения, сделанные по заказу МАГАТЭ	2
Подводная телевизионная камера	1

Инвентарный перечень МАГАТЭ по состоянию на конец 1987 г.

выразил готовность его страны начать с января 1988 г. осуществление программы поддержки; подобные инициативы не исключаются и со стороны других государств-членов.

С другой стороны, маловероятно, чтобы в условиях установившегося нулевого роста бюджета МАГАТЭ увеличились средства Агентства на координацию программ поддержки.

**Потребности в исследованиях и разработках.** В настоящее время Агентство определило свои потребности в исследованиях и разработках на основе заявок всех отделов Департамента и информирует о них программы поддержки в виде „Перечня потребностей“. Помимо этих общих запросов на основе результатов работы совещаний по рассмотрению программ поддержки формулируются и отдельные запросы на исследования и разработки. Требуется много проектов по исследованиям и разработкам в различных областях, и в данном коротком сообщении невозможно рассмотреть все эти области. Именно поэтому настоящий раздел не может вместить исчерпывающий перечень задач.

● **Повышение надежности систем сохранения/наблюдения.** В будущем при некоторых видах применения гарантий предполагаются ситуации, когда при установившемся учете материалов окажется чрезвычайно трудным проведение их новых измерений. В этих случаях очень важной будет роль системы сохранения/наблюдения, и поэтому крайне необходимо повышение надежности таких систем.

● **Меры гарантий на автоматизированных установках.** Как уже говорилось, это перспективная задача. Потребуется комбинирование таких мер, как неразрушающий анализ, разрушающий анализ и сохранение/наблюдение. Следует начать новые исследования и разработки по методам установления подлинности, поскольку предполагается, что во многих случаях Агентство должно будет использовать системы оператора для обработки данных и/или измерения.

● **Измерение плутония в отработавшем топливе.** До сих пор еще нет надежного неинтрузивного метода прямого измерения содержания плутония/урана в отработавшем топливе.

● **Повышение эффективности осуществления гарантий Агентства.** Поскольку бюджет Агентства не увеличивается, а число ядерных установок, поставленных под гарантии Агентства, растет, необходимо отдавать предпочтение исследованиям и разработкам, нацеленным на сокращение трудовых и финансовых ресурсов для осуществления гарантий.

В качестве примера можно указать на изучение возможностей использования выборочной инспекционной деятельности. При измерениях больших количеств ядерных материалов выборочное взятие проб уже вошло в практику. Было бы полезно разработать теорию выборочности для сокращения числа инспекционных визитов на установки или для изучения национальных топливных циклов.

Другая область повышения эффективности — помощь инспекторам в просмотре проявленных фотопленок. Инспектора должны просматривать большое количество кадров, полученных за установленные периоды наблюдения. Это — работа, требующая очень много времени. Если бы мы смогли значительно сократить время просмотра

пленок, используя технологию обработки изображений, то получили бы экономию в использовании трудовых ресурсов.

● **Координация программ поддержки.** Имеется целый ряд предложений по сохранению существующего масштаба работ по программам поддержки. Ниже приведены возможные программы, которые еще находятся в стадии обсуждения заинтересованными сторонами. Агентство примет решение, какие из этих предложений будут включены в программы поддержки.

● **Классификация работ в зависимости от средств, требуемых Агентству, и ее осуществление.** Не все задачи (их в настоящее время 270 в 12 программах поддержки) требуют от Агентства одинаковых усилий. Одни задачи предусматривают участие представителей Агентства по проекту (обычно от отделов поддержки) и сотрудников отделов операций и, следовательно, соответствующие затраты; другие задачи могут решаться при минимальных усилиях МАГАТЭ. Было бы разумно сократить число задач, требующих от Агентства большого участия.

● **Кооперация программ поддержки.** При координации программ поддержки возникает ситуация, которые легко могли бы разрешаться путем прямого кооперирования двух и большего числа этих программ. Такое кооперирование показало свою эффективность в достижении высокого качества выполняемых работ при минимальном использовании специалистов Агентства. В дальнейшем будет поощряться расширение кооперации программ в целях сокращения участия Агентства.

● **Содействие увеличению охвата программами поддержки выполняемых работ.** Программы поддержки могли бы взять на себя многие задачи, связанные с проведением полевых испытаний, подготовкой документации и обеспечением производства оборудования поставщиками.

● **Сокращение административных расходов.** Программы поддержки могли бы взять на себя также некоторые из административных расходов, в частности предоставление в большем количестве бесплатных услуг экспертов на основе общепризнанных принципов, что существенно повысило бы административные возможности Агентства. Кроме того, следовало бы сократить количество совещаний по рассмотрению программ поддержки с участием секретариата МАГАТЭ.

### Выводы

История показывает, что колоссальные усилия государств-членов и Агентства по совершенствованию и модернизации технологии применения гарантий привели к замечательным достижениям. Однако технология развивается изо дня в день, и ядерная технология не составляет исключения. Для решения текущих проблем (проблемы SIR), а также для подготовки к последующим изменениям (автоматизация, быстрые реакторы-бридеры, крупномасштабные заводы по переработке) необходимо наращивание усилий по исследованиям и разработкам.

В связи с этим, осуществление государствами-членами программ поддержки должно поощряться и ориентироваться в нужном направлении. При этом очень важно, чтобы расходы на координацию исследований и разработок были минимальными. Имеется много путей для достижения этих целей.