

Опыт практической деятельности инспекторов по гарантиям

Ф. Клик*

Гарантии МАГАТЭ применяются с 1962 года и с тех пор не зарегистрировано ни одного случая, когда ядерный материал, установки или оборудование, находящиеся под гарантиями, использовались бы в неразрешенных целях. Безусловно, за это время было выявлено много случаев отклонений, однако всегда имелась возможность их удовлетворительного объяснения.

За последнее десятилетие в работе Департамента гарантий Агентства произошли изменения. В основном это связано с заключением Договора о нераспространении ядерного оружия, который вступил в силу в 1970 году. В соответствии с этим договором на Агентство возлагается задача по применению гарантий ко всем ядерным материалам, используемым в мирной ядерной деятельности стран — участников договора. В результате вступления в силу Договора о нераспространении было заключено и затем осуществлено много новых соглашений о гарантиях. Кроме того, в 1970-е годы было построено много новых ядерных установок.

Как показано на рис. 1, в период с 1970 по 1980 год значительно увеличился объем работы инспектората. Однако переговоры по такому большому числу новых соглашений о гарантиях, дополнительных соглашений и приложений по установкам, основанных главным образом на требованиях Договора о нераспространении, и их последующее осуществление показали, что МАГАТЭ и государства в состоянии выполнить двойную задачу: развивать атомную энергию в мирных целях и предотвратить распространение ядерного оружия.

Число энергетических реакторов, находящихся под гарантиями, увеличилось с 10 в 1970 году до 126 к концу 1980 года (см. рис. 2). Число установок с ядерным материалом в балк-форме увеличилось с 4 до 49 (рис. 3). На рис. 4 приведена диаграмма роста количества высокообогащенного урана и плутония, находящихся под гарантиями МАГАТЭ, а на рис. 5 отражено увеличение количества природного и низкообогащенного урана, находящегося под гарантиями.

В соответствии с этими изменениями число сотрудников категории специалистов Департамента гарантий увеличилось с 54 в 1970 году до 206 в 1980 году, из которых 138 человек являются штатными инспекторами. В 1980 году они провели около 1100 инспекций на более чем 500 установках.

В результате этого инспектора по гарантиям приобрели в настоящее время значительный опыт в проведении инспекций на местах, однако опыт Агентства в применении гарантий в отношении различных типов установок неодинаков. Например, у Агентства имеется обширный опыт применения гарантий в отношении реакторов на тепловых нейтронах, в особенности легководных реакторов; с другой стороны, до настоящего времени имеется ограниченный опыт применения гарантий в отношении быстрых реакторов-размножителей и их вспомогательных установок, поскольку подобные установки стали ставиться под гарантии относительно недавно. Что касается установок с ядерным материалом в балк-форме, то у Агентства имеется значительный опыт применения гарантий в отношении установок по конверсии и изготовлению топлива и незначительный опыт в отношении установок по переработке ядерного топлива и обогащению.

МАГАТЭ проводит три вида инспекций: специальные, обычные и специализированные. Большая часть инспекций относится к обычным инспекциям, которые могут включать следующие виды работ:

- изучение документации, находящейся на установке, с целью составления инвентарного списка наличного ядерного материала и регистрации его движения в пределах установки;
- сравнение этой документации с грузовыми документами, записями об эксплуатации установки и направляемыми в Агентство отчетами государства с целью выявления соответствия между количествами отправленного и полученного материала, а также с записями, имеющимися на установках организации-партнера;
- проверка заявленного инвентарного количества ядерного материала; в большинстве случаев это достигается путем статистического отбора проб и проведения неразрушающего анализа (НРА);
- подтверждение того, что ранее проверенный материал не использовался; это осуществляется путем установки и применения устройств для сохранения и наблюдения.

В соглашениях о гарантиях содержится требование о том, чтобы государства предоставляли Агентству конкретную информацию о ядерных материалах и установках. Помимо всего прочего, от государства требуется: вести записи по каждой установке или зоне баланса материала и предоставлять МАГАТЭ отчеты о ядерном материале, основанные на имеющихся записях.

Существование государственной системы учета и контроля ядерного материала (ГСУК) является

* Директор Отдела операций А Департамента гарантий Агентства.

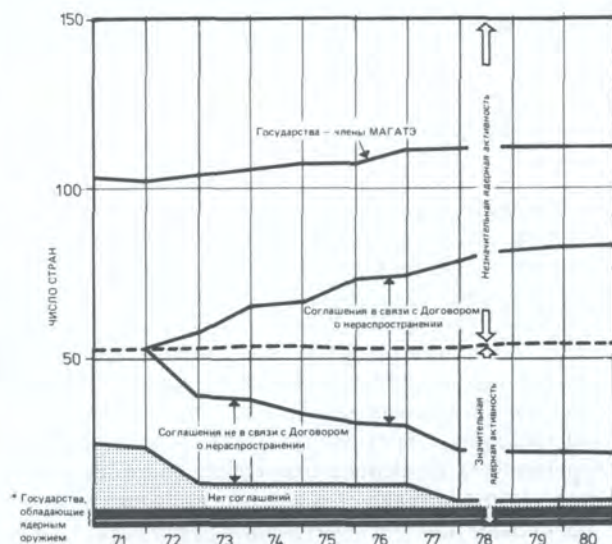


Рис. 1. Эволюция соглашений о гарантиях в 1970-1980 годах.

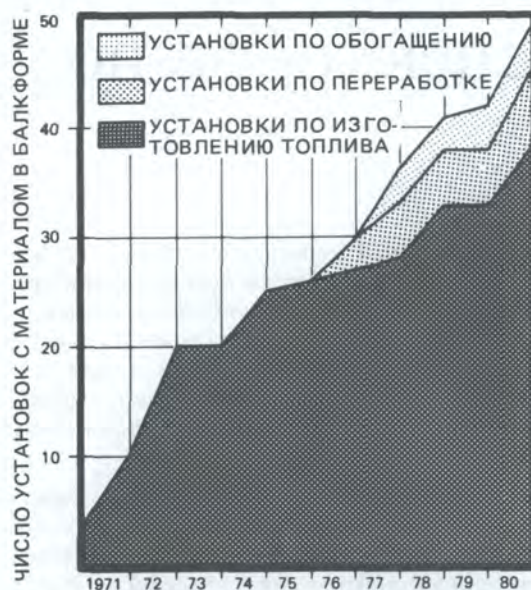


Рис. 2. Количество реакторов, находящихся под гарантиями.

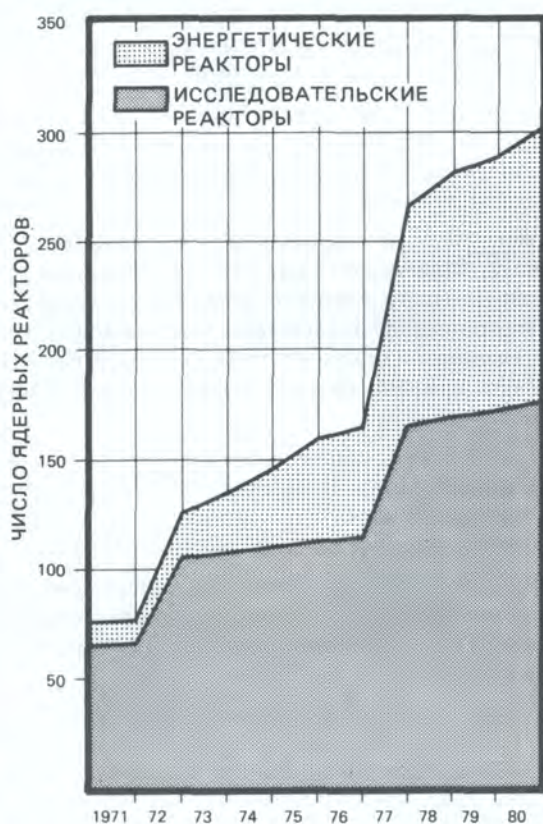


Рис. 3. Количество находящихся под гарантиями установок с материалом в балк-форме.

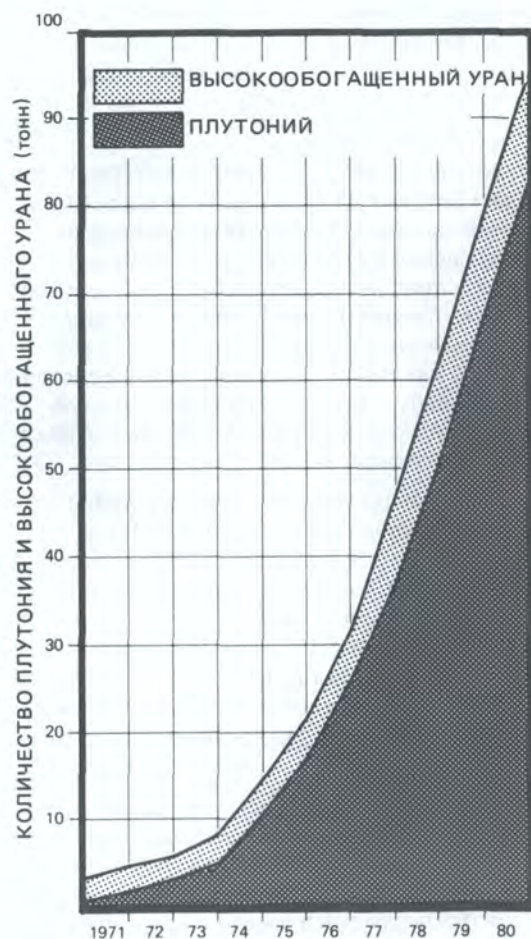


Рис. 4. Количество плутония и высокообогащенного урана, находящиеся под гарантиями.

предварительным условием для применения эффективной системы международных гарантий, однако не может заменить последнюю. На практике эта ситуация сродни вопросу: "Что появилось раньше — цыпленок или яйцо?", поскольку в начале 1970-х годов хорошо разработанные национальные системы учета и контроля существовали лишь в нескольких государствах. К счастью, в настоящее время учрежденные национальные системы становятся скорее правилом, чем исключением. В нескольких государствах используются хорошо разработанные и весьма эффективные государственные системы учета и контроля. Несомненно, что их созданию способствовали помощь и рекомендации Агентства, предоставляемые как в рамках Центральных учреждений, так и на учебных курсах, проводимых на местах, а также практические предложения и рекомендации во время инспекций МАГАТЭ. При планировании инспекций Агентство уделяет должное внимание технической эффективности государственных систем. Это, безусловно, помогает Агентству экономить свои ресурсы, а также приносит пользу государству.

Сотрудничество инспектората Агентства с учреждениями государственных систем, как правило, очень тесное. Для улучшения сотрудничества между Агентством и некоторыми государствами были созданы комитеты по связи и аналогичные группы. С помощью этих групп был решен ряд проблем, связанных с осуществлением гарантий. В Канаде было создано периферийное отделение по гарантиям, а с Японией были заключены соглашения о направлении инспекторов на более продолжительной основе. Несмотря на значительный прогресс, все еще существуют возможности для дальнейшего совершенствования государственных систем: в основном это связано с полной реализацией рекомендаций МАГАТЭ, правилами представления отчетов и подведением балансов материала, определением количества неучтенного материала, исследованиями в целях гарантий.

Уже в первые годы было признано, что осуществление гарантий не может ограничиваться изучением и оценкой непроверенных отчетов, представляемых государствами. Существенным моментом является независимая проверка фактического наличия заявленного ядерного материала. К сожалению, в то время не было учтено — и до сих пор не признано в желательных масштабах, — что независимая проверка фактического наличия ядерного материала сама по себе недостаточна. Для того чтобы она имела какой-то смысл, сначала должны быть зарегистрированы, приведены в отчетах и проверены данные, которые подлежат контролю.

К счастью, изменения произошли не только в государственных системах, но и Агентство расширило свои возможности по сбору, классификации, хранению, анализу и сравнению данных, получаемых от государственных систем. Обычно Отдел обработки информации по гарантиям Агентства предоставляет инспекторам подлежащие учету данные по каждой установке, а также оказывает помощь в проведении анализа этих данных и сравнении их с записями, имеющимися на установке. Как это полностью



Рис. 5. Количества природного и низкообогащенного урана, находящиеся под гарантиями.

подтвердил опыт работы, проверка документации по ядерному материалу занимает важное место в инспекциях по гарантиям. Инспекторат МАГАТЭ осуществил большой объем работы по проверке, и этот опыт вместе с опытом работы государственных систем необходимо использовать для лучшей подготовки инспекторов к проведению проверок. Проведение проверки является сложной задачей: в то время как эта работа имеет большое значение, большинство новых инспекторов по гарантиям вследствие своей профессиональной подготовки (в области физики, химии, машиностроения) и опыта предыдущей работы не имеют или почти не имеют опыта проверки документации и отчетов. В настоящее время в рамках программы поддержки, осуществляемой одним государством-членом, подготавливается руководство по проведению проверки. Есть надежда, что, наряду с тем вниманием, которое уделяется вопросам учета и проверки в программе подготовки инспекторов, это позволит повысить растущую компетентность Агентства.

Подтвердив записи о зарегистрированном количестве материала и движении ядерного материала на установке, инспектор может начать фактическую проверку того, что заявленный материал действительно находится на месте. В качестве первого шага производится учет единиц — например, топливных сборок, — а затем часть инвентарного количества материала подвергается неразрушающему анализу.

Важность неразрушающего анализа (НРА) при проведении инспекций на местах продолжает расти. Безусловно, всегда будет существовать необходимость в отборе и отправке проб в основную Аналитическую лабораторию по гарантиям МАГАТЭ в Зейберсдорфе, Австрия. Здесь пробы тщательно изучаются, а затем результаты сравниваются с данными неразрушающего анализа. Однако низкая стоимость и простое приборное обеспечение методов неразрушающего анализа, применяемых на местах, наряду с несравненно более жесткими правилами перевозка-



Рис. 6. Портативный 1024-канальный гамма-спектрометр "Силена".

ми даже небольших проб ядерного материала, по-прежнему будет привлекать внимание к проведению неразрушающего анализа на местах. Безусловно, измерения с помощью метода неразрушающего анализа должны быть достаточно точными и надежными, чтобы инспектор мог решить вопрос о принятии или отклонении заявления оператора.

На протяжении многих лет в качестве основного инструмента для проведения неразрушающего анализа на местах использовался прибор SAM-II. Этот портативный двухканальный гамма-спектрометр может использоваться в качестве индикатора для регистрации наличия урана, а также для измерения степени обогащения урана. В настоящее время SAM-II является хорошо проверенным прибором и действительно часто используется операторами станции для проведения собственных измерений. Таким образом, они приняты в эксплуатацию практически на всех установках.

Со временем были разработаны более сложные приборы: наиболее удачным является прибор "Силена" (рис. 6). Данный прибор, как и SAM-II, предназначен для измерения интенсивности гамма-излучения, однако он обеспечивает возможность регистрации спектра с помощью большего числа каналов (1024 вместо 2), в связи с чем точность и надежность измерений выше, чем у прибора SAM-II. Кроме того, показания "Силены" можно непосредственно записать на магнитную ленту и привезти ее в Центральные учреждения для обработки и анализа

результатов. Данное усовершенствование, однако, имеет некоторые негативные последствия, например, для того чтобы полностью использовать возможности этого прибора, инспектор должен обладать более высокой соответствующей подготовкой.

Эти два прибора широко используются для проверки обогащенного урана (и в меньшей степени для плутония), однако, как показано на рис. 4, количество плутония, находящегося под гарантиями, увеличивается существенно быстрее, чем количество обогащенного урана. Хотя значительная часть плутония содержится в переработанном отработавшем топливе, проверка которого осуществляется с помощью методов сохранения и наблюдения, на установках по переработке, установках по изготовлению смешанного окисного топлива, на критических сборках и быстрых реакторах находится растущее количество разделенного плутония, находящегося под гарантиями. Поэтому существует необходимость в более совершенных методах неразрушающего анализа плутония.

С помощью прибора SAM-II нельзя удовлетворительно образом проверить плутоний. В свою очередь, для "Силены" требуется дополнительное оборудование, счетчик нейтронных совпадений, чтобы получить достаточно подробную информацию о составе топлива. Таким прибором является прецизионный высокопоточный нейтронный счетчик совпадений (ВНСС) (рис. 7). Детекторы и электронная схема данного прибора разработаны специально для

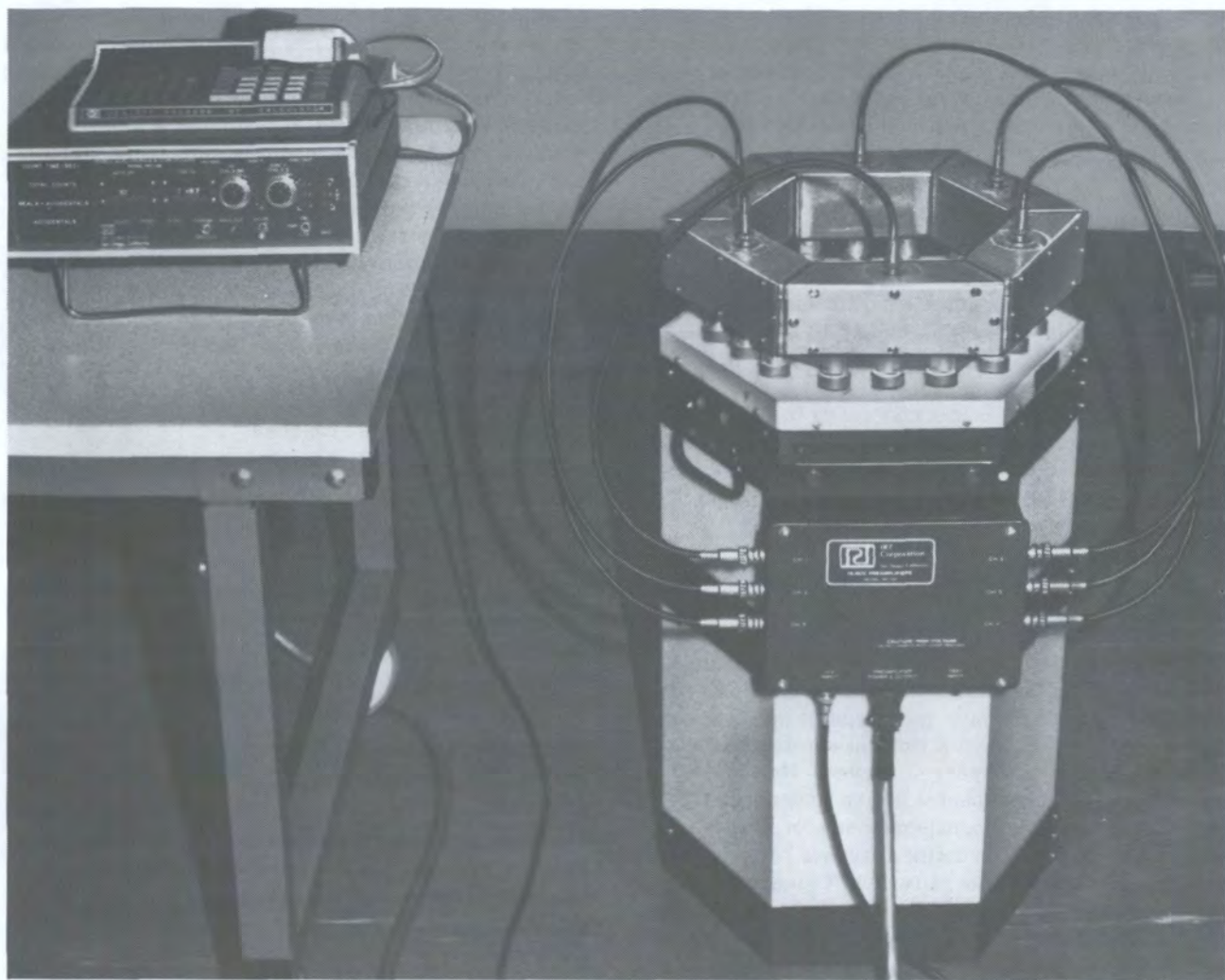


Рис. 7. Высокопоточный нейтронный счетчик совпадений (ВНСС), который можно использовать в качестве дополнительного оборудования к спектрометру "Силена" для определения концентрации плутония-240 в образце.

Рис. 8. Прибор ночного видения, который можно использовать для регистрации черенковского излучения, испускаемого отработавшим топливом, которое находится в бассейнах выдержки.



детектирования импульсов нейтронных совпадений плутония-240 и поэтому он может различать нейтроны, испускаемые плутонием, и не совпадающие по времени нейтроны от других источников. Это позволяет определить относительную концентрацию плутония-240.

Данный комбинированный метод успешно используется при проведении измерений на топливных сборках быстрых реакторов. Измерения на каждой подобной сборке, получаемой с установки по изготовлению топлива, с помощью изготовленного по заказу и установленного на станции ВНСС, в настоящее время являются обычной процедурой. Для проведения обычных измерений на плутониевых топливных пластинах для критических сборок на быстрых нейтронах используются другие аналогичные приборы. Эти новые приборы расширили диапазон измерений, которые могут осуществляться и обычно осуществляются в полевых условиях.

Установки, которые несколько лет назад считались наиболее сложными с точки зрения проверки, а именно установки по изготовлению смешанного окисного топлива, в настоящее время стали относиться к числу тех установок, в отношении которых можно получить наиболее достоверную информацию. Это не означает, что осуществление гарантий на этих установках является простой задачей. Имеется в виду то, что при правильном использовании совершенных приборов и квалифицированного персонала можно в достаточной степени доверять результатам измерений и применения гарантий. Существенным моментом является качество оборудования и компетенция персонала. Ранее обычная инспекция проводилась одним инспектором, который работал в течение одного дня с прибором SAM-II, тогда как в настоящее время наиболее серьезные инспекции проводятся группой инспекторов, работающих в течение нескольких дней или недели. Подобные инспекции вызывают значительные проблемы в осуществлении руководства и материальном обеспечении. Весьма значительны также индивидуальные требования к составу группы, к числу которых относятся как коммуникабельность, так и высокий уровень технической подготовки. Вопрос о том, как собрать, подготовить и сохранить подобную группу, является одним из важнейших вопросов, стоящих перед Департаментом гарантий.

Переходя от рассмотрения методов, для применения которых требуется группа инспекторов, к методам, которые могут использоваться одним человеком, следует упомянуть о приборе для наблюдения черенковского излучения (рис.8). Как упоминалось ранее, до последнего времени проверка отработавшего топлива осуществлялась с помощью методов сохранения и наблюдения. Они не всегда являются приемлемыми, и поэтому давно существует необходимость в разработке других методов, пригодных для проведения инспекций по гарантиям. В настоящее время начинает применяться визуальное устройство, которое позволяет достаточно просто изучить характеристическое черенковское излучение, испускаемое облученным топливом. В хороших условиях данное излучение голубоватозеленого цвета можно

видеть невооруженным глазом. В неблагоприятных условиях освещенности для регистрации очень малой интенсивности излучения можно использовать прибор ночного видения, аналогичный тому, который разработан для военных целей. В том виде, в каком он используется в настоящее время, прибор ночного видения представляет собой короткофокусный телескоп с широкоугольным объективом. Свечение усиливается с помощью встроенного электронного преобразователя изображения. Когда наблюдатель смотрит в телескоп, преобразованное изображение можно видеть даже в полной темноте. Облученное топливо можно изучать на том расстоянии, которое позволяет различать даже отдельные стержни и участки в соответствии со степенью их предыдущего облучения и времени хранения.

Используя подобные устройства для неразрушающего анализа, инспектора могут во время обычных инспекций проверять уран и плутоний. В настоящее время разрабатываются другие усовершенствованные приборы для неразрушающего анализа, которые позволяют получить большую точность измерений, проводить автоматическую обработку данных и проверять ядерные материалы, даже если они имеются в виде сложных соединений.

Если Агентство уверено в том, что количество и качество ядерного материала осталось неизменным, то нет необходимости проводить повторные измерения. Вместо этого можно опечатать контейнеры, камеры, вентили и защитные кожуха; для проверки заявления оператора о перемещении ядерного материала используются кино- или телевизионные системы.

Во многих случаях Агентство использует металлические пломбы. Однако эти простые, но эффективные устройства требуют со стороны Централных учреждений значительных усилий по их подготовке, учету их использования и проверке после их возвращения. В настоящее время Агентство применяет (и снимает для проверки) около 3000 пломб в год, а в системе регистрации записей на основе ЭВМ сохраняются данные о более чем 10 000 пломб.

Там, где нельзя применить пломбы, информацию можно получить, используя средства наблюдения. Вначале опыт использования Агентством камер для наблюдения не принес хороших результатов. Хотя, в принципе, установка системы камер для периодического фотографирования объекта представляется простым делом, необходимо помнить о том, что камеры, установленные Агентством, должны работать безотказно без какого-либо обслуживания на протяжении двух-трех месяцев, а иногда и в неблагоприятных условиях окружающей среды. Подобная надежность до сих пор не достигнута, и поэтому по-прежнему прилагаются усилия к тому, чтобы достигнуть требуемого уровня надежности. Некоторые страны, оказывая поддержку Агентству, занимаются разработкой надежных систем. Эти более совершенные системы еще не применяются в практи-

ческой деятельности, однако некоторые из них уже прошли испытания. Тем временем стандартные системы камер были усовершенствованы путем тщательного отбора отдельных камер и продолжительного предварительного испытания их в Централь-ных учреждениях. В настоящее время отказы камер случаются достаточно редко, а одновременный отказ обеих камер системы происходит еще реже. В неко-торых случаях в целях наблюдения использовались телевизионные системы, однако вследствие их высо-кой стоимости и сложности они применяются только при особых обстоятельствах. Наблюдение — с помо-щью как кино-, так и телевизионной аппаратуры — играет важную роль в деятельности инспектората по гарантиям: в 1980 году в эксплуатации находилось более 100 кинокамер и более 10 телевизионных установок. В 1980 году было обработано и проана-лизировано шесть миллионов кино- и телеизо-бражений.

В связи с возросшим числом инспекций, быстрым ростом численности инспектората, возрастанием той роли, которая отводится изучению записей, а также внедрением более сложных методов неразрушаю-щего анализа большое значение приобрел вопрос о

подготовке кадров. В этой связи вновь набранные инспектора должны пройти интенсивную подготовку на протяжении трех-шести месяцев, включая стажировку на местах, прежде чем приступить к работе в качестве инспекторов.

Опыт практической деятельности инспектората МАГАТЭ дает также руководству инспектората ценную информацию, которая, в частности, позволя-ет ему наилучшим образом использовать ограничен-ные ресурсы, имеющиеся в его распоряжении. В настоящее время Агентство может достаточно точно определять трудозатраты на проведение инспекций на различных установках, число человеко-дней, которые инспектор может отработать на установках в течение одного года, а также ту экономию, кото-рую можно ожидать от работы периферийных отде-лений и выезжающих на длительное время инспекто-ров. Вся эта информация использовалась в полной мере для определения наилучшего распределения рабочей силы по подразделениям Департамента гарантий. Эти данные используются также при планировании будущих потребностей в инспекторах по гарантиям.