

Технология ядерных гарантий, 1982 г.

Дж. Ловетт*

Лучшим показателем технической выполнимости какого-либо проекта является объем проводимых по этой проблеме исследований. Очень часто ученые не хотят делать определенных заявлений по каким-либо проблемам для печати, но их позицию можно определить по отрицательному отношению к проведению исследований по проблемам, которые они считают малоперспективными. Ученых привлекают поддающиеся разработке решения для выполнения определенных задач; уже решенные или неразрешимые проблемы не привлекают их внимания.

Международное агентство по атомной энергии раз в четыре года проводит симпозиумы по гарантиям ядерных материалов. Эти симпозиумы интересны не только в связи с представляемыми на них докладами, но также тем, а это более важно, что на них могут быть определены области работ, на проведении которых должно (или не должно) быть сосредоточено внимание. Приглашения с предложениями представить доклад на симпозиум рассылаются во многие организации с тем, чтобы как можно больше ученых могли принять участие в рассмотрении и обсуждении всех аспектов гарантий. Однако авторы могут представить доклады только в той области, в которой они работают, и поэтому перечень этих областей работы не в полной мере соответствует всем областям осознанных проблем, для которых необходимо найти решение.

Каковы же тогда в настоящее время осознанные проблемы в области гарантий? Как показал проведенный симпозиум** первой осознанной проблемой является практическая осуществимость. Очень мало было идей по новым совершенно неопробованным методам измерений или новым концепциям гарантий. Обычно в докладах рассматривались практические исследования о лучшем использовании оборудования или концепции, уже прошедшие начальную стадию разработок и оценки.

В соответствии с достигнутой договоренностью, выполняемой в течение многих лет, гарантии МАГАТЭ не должны основываться на непроверенных данных, представленных операторами установок. Инспекторы МАГАТЭ должны проверять эти данные. По традиции это означает проведение независимой проверки части отобранных данных. Но что делать в случае, который становится все более обычным, когда данные оператора получены с помощью измерительных приборов, не разрушающих образца и управляемых автоматически микропроцессорами? Логически напрашивается ответ — „уста-

новить подлинность” данных, полученных с помощью прибора, т.е. удостовериться, что прибор или измеряемый с его помощью материал не был поврежден или испорчен каким-то образом, что могло явиться причиной ложных или неточных показаний.

В нескольких представленных на симпозиуме докладах предлагались методы установления подлинности данных определенных приборов. В частности, в докладе г-на Аугустсона и его коллег, сотрудников Отдела развития и технической поддержки МАГАТЭ, рассказывалось об опыте работы Агентства по использованию защищенных стандартов экранированных образцов или стандартов, замене ключевых компонентов, применению мер по сохранению и наблюдению и других методов.

Можно было бы выделить для рассмотрения несколько приборов, но наиболее интересным представляется измеритель плотности по границе К-линии. С его помощью можно проводить измерения ослабления гамма-излучения при энергиях выше и ниже границы К-линии поглощения для плутония. В связи с тем, что все элементы кроме плутония должны иметь постоянное поглощение в узкой рассматриваемой области энергий, разница поглощения при двух энергиях может быть использована для расчета концентрации плутония. При условии аккуратности и корректировок для учета побочных эффектов можно достичь точности до 0,5 %.

Измеритель плотности по границе К-линии был впервые предложен несколько лет назад. Но новым и интересным на симпозиуме сочли не идею прибора, а то, что этот прибор готов к обычной работе (и действительно используется для проведения измерений, по крайней мере, на одной установке) и во время этой работы он достигает указанной точности. В докладе г-на Аугустсона рассматривается использование фольг из тантала, случайных дублирующих образцов и других средств для установления подлинности данных прибора, полученных операторами установки.

Значительный интерес на симпозиуме вызвали два типа установок, которые отдельно рассматриваются в данной статье. Первый тип — установки по обогащению урана; второй — установки по переработке отработавшего топлива.

Было показано, что можно получить высокоточные балансы материалов, достигающие 0,1 % общей загрузки за продолжительный период времени, на заводах по обогащению урана с использованием метода центрифуги. Во время симпозиума обсуждались практические проблемы, возникающие при работе на этом уровне точности. В докладе Фейнберга, Гордона, Дермендьева и Террея, а также в докладе Лауппе, Дермендьева, Шинцера дается описание разработки и полевых испытаний взвешивающего устройства с динамометрическим

*Дж. Ловетт — сотрудник Сектора системных исследований Отдела развития и технической поддержки Департамента гарантий МАГАТЭ.

** Международный симпозиум МАГАТЭ по последним достижениям в области гарантий ядерных материалов, Вена, 8–12 ноября 1982 г.



Нейтронный воротник, показанный на фотографии, используется для определения содержания урана-235 в новом топливе для легководных реакторов. Источник нейтронов (калифорний) вызывает деление урана-235, пока не будет получено одновременное испускание двух или больше нейтронов. Эти совпадающие нейтроны, полученные во время деления урана, регистрируются в воротнике, который при обычной работе будет размещен на топливной сборке. Детекторы способны выделить совпадающие нейтроны деления от нейтронов, полученных от источника нейтронов (калифорния) или любых других источников. Устройство проходит испытания в лаборатории Агентства, в связи с чем на снимке нет топливной сборки.

датчиком для определения массы 2,5-тонных цилиндров UF_6 с точностью ± 1 кг. При такой массе и таком уровне точности необходимо было провести исследования нескольких возможных поправок. Так как цилиндры UF_6 обычно хранятся на открытых площадках и редко в отопляемых складских помещениях, то особое внимание было уделено температурным воздействиям.

В других докладах по гарантиям для установок по обогащению урана рассматривались вопросы измерения или проверки урана в ловушках в сочетании с концепциями ограниченного необъявленного доступа в зону обогатительных каскадов и учета материалов. И опять основное внимание уделялось практическому опыту, а не вопросам теории. Значительный интерес вызвали два заседания по гарантиям для заводов по переработке отработавшего топлива. Особенно интересным был доклад г-на Койзуми с соавторами, представленный Японией, где рассказывалось об опыте по учету материалов на перерабатывающей установке Токай. Заметный интерес вызвала также группа докладов, в которых затрагивались вопросы учета материалов в масштабе времени, близком к реальному.

Всего один доклад на симпозиуме был посвящен теоретической оценке моделированных данных, но даже в этом докладе был сделан интересный практический вывод. Общепринято, что в описаниях заводов по переработке обычно „доминируют потоки“, так как неопределенности в измерении потока имеют наибольшее значение. Доклад г-на Селлиншеффа показал, что измерения бывают более точными, если учет инвентарного количества материалов, находящихся в процессе переработки, будет проводиться раз в 10 дней, а не ежедневно, или с интервалом в 20 дней. Предполагалось, что в докладе будет проведено сравнение данных, полученных через интервалы в 10 и 20 дней; сравнение с данными, полученными с интервалом в 1 день, не предполагалось. По мнению участников, если ежедневно проводить учет инвентарного количества материалов, находящихся на переработке, то на гипотетической установке доминирующим станет „определение инвентарного количества“. Все согласились, что необходимо провести больше теоретических работ для определения оптимальной частоты проведения учета.

Если большая часть докладов на симпозиуме была посвящена полевым испытаниям и аспектам практического применения, то естественно встает вопрос, какая тематика в докладах не освещалась. Участники дискуссии, проходившей в заключительный день симпозиума, пришли к единодушному мнению, что самым большим пробелом было отсутствие докладов, в которых бы рассматривались вопросы обычного применения мер по сохранению и наблюдению. Разработка печатей, допускающих возможность их проверки на месте с помощью ультразвука, печатей из волоконной оптики, обеспечивающих дистанционную проверку, систем видеонаблюдения — всех этих средств и других идей, которые несколько лет назад казались такими перспективными, идет в действительности очень медленно.

В 1978 г. широкую поддержку получила новая концепция „расширенного сохранения и наблюдения“. Ее основной принцип выражался в следующем: „если имеются достоверные данные, что ядерный материал поступил в зону, и такие же достоверные данные, что он все еще находится в зоне, то он должен находиться в этой зоне“. Это было в 1978 г. Очень знаменательно, что в 1982 г. почти никто не упоминал об этой концепции. Она была бы полностью забыта, если бы не один доклад Агентства, в котором дается ее рассмотрение и указываются проблемы, препятствующие ее дальнейшей разработке. Следует отметить, что для некоторых проблем даже трудно представить возможные пути решения.

Участников заключительной дискуссии попросили выделить перспективные проблемы, которые по их мнению требовали бы усиленной проработки. Одной из таких проблем, требующих большего внимания, названа проблема взаимоотношений между оператором и инспектором; второй такой проблемой является давно определенная потребность в средствах контроля целостности топливных сборок легководных реакторов. Очень интересно было бы обсудить, возможно в ноябре 1986 г., в каком направлении будут проводиться исследования и разработки в четыре последующих года.