

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД К КОНТРОЛЮ ЗА ДЕМОНТАЖЕМ ЯДЕРНЫХ БОЕГОЛОВОК

Эрик Р. Гердс, Роджер Г. Джонстон и Джеймс Е. Доил

В Лос Аламосской национальной лаборатории (лаборатория прикладного мониторинга и прозрачности) были разработаны два новых подхода к контролю за демонтажем ядерных боеголовок. Они недавно были продемонстрированы на заводе "Пантекс" и на сборочной установке на ядерном полигоне в Неваде. Используемые для демонстрации предложенных концепций системы называются комплексной системой слежения на предприятии (КССП) и системой прозрачности хранилища (СПХ). КССП предлагается в виде системы последовательного контроля для слежения за операциями демонтажа. СПХ можно применять при краткосрочном или долгосрочном хранении (и, возможно, при перевозках) ядерного оружия, компонентов и материалов. Как КССП, так и СПХ обладают рядом особенностей, требуемых для эффективного режима СНВ-III, включая возможность обмена, простоту, высокую доверительность и прозрачность, минимальное вмешательство в процесс, ограниченные потребности в иностранном персонале внутри ядерных предприятий, защиту секретной информации и отсутствие противоречий между внутренней ядерной безопасностью и контролем. Дополнительные испытания этих подходов в реальных условиях улучшат шансы подобных систем на эффективное использование в рамках будущих соглашений по контролю над вооружениями.

Авторы работают в Лос Аламосской национальной лаборатории. Э.Гердс – сотрудник технической группы в отделе нераспространения и международной безопасности; Р.Джонстон – руководитель группы по оценкам уязвимости, а Дж.Доил – директор лаборатории прикладного мониторинга и прозрачности.

Рукопись статьи поступила в редакцию журнала 16 августа 2000 г.

ВВЕДЕНИЕ

На Хельсинской встрече 21 марта 1997 г. Соединенные Штаты и Российская Федерация подготовили рамочное соглашение о Договоре СНВ-III¹. Впервые обе стороны согласились на переговоры о мерах контроля над вооружениями, непосредственно относящихся к сокращению числа ядерных боеголовок. Такое обязательство предоставляет важные возможности, но одновременно предлагает значительные вызовы.

Двустороннее соглашение по ядерным боеголовкам в качестве части последующего договора по стратегическим ядерным вооружениям обладает рядом потенциальных выгод для национальной безопасности США и России². Во-первых, ограничения на количество боеголовок и соответствующих делящихся материалов сделают гораздо более затруднительной обратимость процесса сокращения ядерного оружия. Без верифицируемого уничтожения или двустороннего слежения за избыточными ядерными боеголовками подобные виды вооружений могут быть заново смонтированы в действующих арсеналах. Во-вторых, взаимные подозрения о скрытых арсеналах будут мешать более глубоким сокращениям

¹ The White House Office of the Press Secretary, *Joint Statement on Parameters on Future Reduction in Nuclear Forces*, March 21, 1997.

² S. Fetter, "A Comprehensive Transparency Regime for Warheads and Fissile Materials", *Arms Control Today* 29 (January/February 1999):1; G. Kiernan, M. Percival, L. Bratcher, "Transparency in Nuclear Warhead Dismantlement – Limited Chain of Custody and Warhead Signatures", (paper presented at the 37th Annual Institute of Nuclear Material Conference, Naples, Fla., July 28 – August 1, 1996); Department of Energy, Office of Arms Control and Nonproliferation, "Transparency and Verification Options: An Initial Analysis of Approaches for Monitoring Warhead Dismantlement", May 19, 1997.

ядерных арсеналов, если не установить проверяемые пределы на полное количество имеющихся боеголовок и ядерных материалов. Режим договора по боеголовкам и делящимся материалам мог бы также создать взаимное доверие относительно того, что эти элементы не представляют опасности и надежно защищены.

Чтобы обеспечить такие потенциальные выгоды, любое соглашение, непосредственно ограничивающее запасы боеголовок или следящее за демонтажем ядерных боеголовок, должно преодолеть ряд политических и технических трудностей³. Ядерные боеголовки относительно невелики и их можно выкрасть из хранилища или переместить в другое место. Дальнейшее усложнение проблемы состоит в том, что США и Россия держат в секрете количество боеголовок, которые созданы, переделаны и уничтожены.

Действительно, следует предпринять значительные меры, чтобы предотвратить утечку секретной информации и в то же самое время позволить проведение инспекции или слежения за работами, необходимых для проверки соблюдения договора⁴. Хранилища ядерных боеголовок и компонент, а также установки по сборке/разборке, где будут проводиться инспекции в рамках договора по контролю над боеголовками, принадлежат к наиболее секретным государственным объектам в Соединенных Штатах и в России. Не должна произойти утечка секретных деталей о конструкции боеголовки, готовности ядерных сил или информации, которая позволит сопернику попытаться вывести из строя или украсть ядерные боеголовки. Наконец, существуют серьезные опасения по поводу того, что действия, требуемые для демонстрации выполнения соглашения по ограничению или уменьшению численности боеголовок, окажутся слишком интрузивными. На ядерных предприятиях, за которыми будут вестись наблюдения в каждой стране, придется, возможно, одновременно с проверяемыми по договору операциями проводить операции по поддержанию не связанного с договором арсенала. Два эти вида деятельности не могут накладываться один на другой.

Очевидно, что переговоры по деталям осуществления сокращения ядерных боеголовок окажутся трудными. Потребуется новые новаторские и неинтрузивные методики для слежения за выполнением режима договора о боеголовках для получения уверенности в том, что происходит требуемая по договору деятельность и одновременно сохраняется секретная информация.

Традиционная инспекция на месте или верификация на основе национальных технических средств окажутся неадекватными. Скорее, потребуется искусная комбинация взаимно одобренных технологий и процедур ("протоколов") для успешного осуществления договора. С целью рассмотрения некоторых из вызовов, связанных со следующими этапами сокращения ядерных вооружений в США и России (вероятно, их назовут СНВ-III), Лос Аламосская национальная лаборатория (ЛАНЛ) разработала прототипы двух систем для мониторинга хранения и демонтажа ядерного оружия и компонентов. Эти системы используют новаторский подход к взаимному мониторингу процесса демонтажа. Они спроектированы так, чтобы удовлетворить задаче обеспечения высокого уровня возможности обмена и взаимного доверия. Их конструкция сводит также к минимуму взаимосвязь с не ограничиваемыми договором операциями на ядерных предприятиях потенциальных партнеров по договору.

³ O. Bukharin and K. Luongo, "US-Russian Dismantlement Transparency: The Status, Problems, and Proposals", *Princeton University's Center for Energy and Environmental Studies (CEES), FU/CEES Report No.3*, (April 1999); A. Dyakov, "Nuclear Arms Reduction and Transparency Problems", *Yaderny Kontrol Digest* 12 (1999): 7; C. Olinger et. al., "Technical Challenges for Dismantlement Verification" (paper presented at the 38th Annual Institute of Nuclear Materials Conference, Phoenix, Az., July 20-24, 1997); J. Morgan, "Transparency and Verification Options" (paper presented at the 37th Annual Institute of Nuclear Materials Conference, Naples, Fla., July 28-August 1, 1996).

⁴ В 1995 г. правительство США предложило России проект соглашения, позволявшего обмен секретной информацией, которая относится к арсеналам ядерного оружия. Россия отвергла это предложение и Соединенные Штаты не предприняли новой попытки достигнуть подобного соглашения. В любом случае, почти наверняка потребовалось бы одобрение конгрессом, а это делает любой обмен секретной информацией очень маловероятным в течение нескольких ближайших лет. Смотрите сборник Н. Feiveson, ed., *The Nuclear Turning Point* (Washington, D.C.: The Brookings Institution, 1999, 186).

Прототипы систем мониторинга

Первая система, названная комплексной системой слежения на предприятии (КССП), была поначалу продемонстрирована на установке по сборке ядерных устройств на полигоне в Неваде весной 1999 г., а затем на заводе "Пантекс" (Амарильо, Техас) по сборке/разборке ядерного оружия в ноябре 1999 г.⁵ Вторая система называется системой прозрачности хранилища (СПХ). Ее также продемонстрировали на "Пантексе" в ноябре 1999 г. Компоненты обеих систем прошли экспертизу на безопасность ядерной взрывчатки. Разработка подобных систем была инициирована при поддержке средств на НИР, имевшихся у руководства ЛАНЛ, и частично на деньги управления по нераспространению и национальной безопасности Министерства энергетики США (МЭ).

В КССП использовано свободно имеющееся в продаже оборудование и привычное для ЛАНЛ математическое обеспечение для отслеживания контейнеров с ядерным оружием и ядерными компонентами в течение процесса демонтажа. Обеспечивается высокая уверенность в том, что ядерные боеголовки были демонтированы в соответствии с возможным договором. КССП – это система с ограниченной последовательностью сохранности, которая может отслеживать контейнеры с ядерными боеголовками, начиная с места, где все ядерные боеголовки удостоверяются как элементы, ограничиваемые договором, путем более внимательного рассмотрения в различных секциях демонтажа до помещения компонентов ядерного оружия на завершающее местное хранение. КССП предназначена для обеспечения доверительности того, что деятельность в рамках договора действительно имеет место в соответствии с заявлениями, и в то же время для защиты чувствительной и секретной информации.

В КССП применяется комбинация действующих в реальном времени датчиков, видеокамер, меток, пломб и экспертной системы на основе компьютера для слежения за ограниченными договором ядерными боеголовками и их компонентами. Использование модульных наборов датчиков позволяет обеспечить гибкий контроль за различными местами предприятия в соответствии с обязательствами по договору.

Вторая крупная система – СПХ, предназначена для контроля за ограниченными по договору элементами, находящимися в помещении хранилища, либо во время краткосрочного хранения перед демонтажем, либо во время длительного хранения после демонтажа. Она может также найти приложения для контроля при транспортировке ядерных компонентов и материалов на большие расстояния. В СПХ входят метки, пломбы, видеокамеры и портативный компьютер-ноутбук внутри хранилища, чтобы следить за помещенными внутрь элементами, ограниченными договором.

Фундаментальные приемы

Чтобы помочь разработке КССП и СПХ, было установлено несколько постулатов относительно фундаментальных принципов, необходимых для эффективного и допускающего взаимный обмен контроля за боеголовками.

Нужен, по крайней мере, некоторый контроль за демонтажем боеголовок. Для нового договора без слежения за процессом демонтажа боеголовок окажется затруднительным соответствовать требованиям заявления на Хельсинкской встрече^{1,2}. Гипотетические режимы договора не содержат наблюдений внутри предприятия по демонтажу или, по крайней мере, надежного контроля на проходных; они обеспечивают мало доверия тому, что заявленные в договоре боеголовки действительно были демонтированы. Это связано с тем, что компоненты боеголовки, которые должны проверяться на завершающем этапе процесса демонтажа, могут оказаться лишними, никогда не находившимися в полностью смонтированных ядерных боеголовках или же появившимися после демонтажа боеголовок, не заявленных в договоре. Только при создании цепочки наблюдений за группой боеголовок, заяв-

⁵ "The Tracking Warheads From Dismantlement to Storage", *Dateline: Los Alamos*, Los Alamos National Laboratory (March 2000), 9-11; and J.F. Doyle and R.G. Johnston, "Report To The Joint DoD/DOE Integrated Technology Implementation Plan Steering Committee On The Integrated Facility Monitoring System (IFMS) And Magazine Transparency System (MTS)", *Los Alamos National Laboratory Report LAUR-00-1671* (March, 2000).

ленных для контролируемого демонтажа, от места приема до демонтажа в течение всего процесса демонтажа (с одновременным учетом образовавшихся компонентов боеголовки) можно заключить с высокой степенью достоверности, что заявленные боеголовки были демонтированы.

Нужны системы наблюдения за конкретным договором. Другое предположение, повлиявшее на наши технические и процедурные подходы, состояло в том, системы наблюдения за договором никогда не заменят существующие системы безопасности национального ядерного арсенала и мер защиты (и не станут их прямым расширением). Это предположение (часто его не замечают в обсуждении контроля за договором) сделано по ряду причин.

Прежде всего, национальные системы содержат гораздо более детальную информацию о распоряжении ядерными арсеналами, чем можно было бы представить иностранному правительству в интересах договора⁴. Национальное достоинство и распоряжения МЭ запрещают раскрытие детальной информации о контроле за национальным запасом ядерного оружия из соображений безопасности. Во-вторых, существуют принципиальные трудности в связи с требованиями к системам безопасности национального ядерного оружия и подобным системам для наблюдения за двусторонними и многосторонними договорами. Основная задача систем национального наблюдения заключается в предотвращении потерь ядерных материалов или направления их по несанкционированному пути, а также в содействии контролю, учету и сохранности ядерных материалов. Национальные меры безопасности и защиты предназначены для того, чтобы не допустить несанкционированный доступ к ядерному оружию и ядерным материалам и скрывать информацию о конструкции оружия и операционных процедурах.

Напротив, меры прозрачности при контроле над вооружениями стремятся к обеспечению информацией о достаточности и достоверности деталей, убеждающих инспектирующие стороны в том, что другая сторона выполняет требования договора.

Другое важнейшее отличие состоит в том, что для национальных систем безопасности и защиты полученная от производителя или предыдущего контролера информация о состоянии ядерного оружия или материалов обычно рассматривается как достоверная. Это не произойдет автоматически для информации, предоставляемой одной стороной другой стороне в целях наблюдения за выполнением договора. Более того, ядерные предприятия и агентства, ведущие контроль за ядерными боеголовками, должны подчиняться различным предписаниям, процедурам, мерам безопасности, правилам секретности и требованиям безопасности. Изменение таких сложных мер для объединения специализированных функций слежения за договором оказалось бы затруднительным и трудным (а также требующим очень длительного времени) делом⁶.

Существует также значительное расхождение между операционными и исполнительными условиями для национальных систем безопасности и защиты по сравнению с системами наблюдения за договорами. Даже временная потеря одного образца ядерного оружия – это большая катастрофа для всей внутренней программы безопасности и защиты. С другой стороны, при инспектировании договора не стоит серьезно беспокоиться по поводу временной неопределенности по поводу состояния нескольких единиц ядерного оружия, подлежащих демонтажу⁷. В действительности, каждый успешный договор, скорее всего, потре-

⁶ Например, установка как национальных пломб для надежности и безопасности, так и пломб СНВ-III, на контейнер с оружием может оказаться проблемой. Существующие контейнеры для оружия часто не предназначены для установки дополнительных пломб.

⁷ Реалистичный режим СНВ-III нуждается в гибкости для быстрого и эффективного обращения с неожиданными проблемами. Договору следовало бы позволить инспекторам время от времени накладывать вето на демонтаж конкретного образца ядерного оружия (без приостановки общих операций, предусмотренных договором), если им не нравится, как идут дела, или если потерян сигнал от контролирующего оборудования. Точно так же, персоналу принимающего предприятия должно быть позволено вывести образец оружия из процесса демонтажа, если с ним возникают проблемы. В любом случае, этот образец можно было бы, вероятно, вернуть в очередь на демонтаж, если стороны согласятся. Если же они не согласятся, то принимающая страна просто потеряет доверие на последующий демонтаж этого конкретного образца оружия. Такая гибкость, конечно, может оказаться неприемлемой для договоров по демонтажу в отдаленном будущем (например, для СНВ-VII), когда размер су-

бует надежные механизмы и протоколы для решения вопросов слежения за каждым элементом и за его учетом в процессе инспектирования.

В качестве последней причины необходимости в специализированной системе контроля заметим, что риск ослабления национальных систем безопасности и защиты, если заставить их выполнять функции слежения за договором, может просто оказаться неприемлемым с точки зрения всеобщей национальной безопасности.

Инспектируемая сторона должна обеспечивать и обслуживать контролирующие технологии. Еще один фундаментальный принцип, использованный при проектировании нашего прототипа систем контроля, заключается в том, что принимающая инспектируемая сторона должна обеспечить контролирующие системы, которые будут применяться на ее предприятиях. Следование этому правилу в максимально возможной степени может помочь ряду серьезных (и трудных для переговоров) вопросов, связанных с ядерной безопасностью и шпионажем. Например, любое оборудование, применяемое на предприятии ядерного оружия, должно пройти строгую проверку на безопасность. Чтобы такие проверки оказались полезными и эффективными, их следует начинать уже на этапе разработки системы и проводить при участии пользователей предприятием. Окажется исключительно трудным проверить за разумный промежуток времени системы слежения, доставленные на предприятие иностранной инспектирующей стороной. Другое существенное возражение против применения изготовленного инспекторами оборудования связано с возможным подозрением части инспектируемой группы, что зарубежное оборудование может обладать скрытыми возможностями для сбора разведывательной информации. По этим причинам похоже, что как Россия, так и США будут настаивать на том, чтобы только поставленное принимающей стороной (или подготовленное совместно) оборудование использовалось для слежения на месте в рамках будущих соглашений по контролю над ядерными вооружениями.

Технические характеристики поставленного хозяевами оборудования и получаемая информация должны надежно проверяться инспектирующей стороной. Режим договора, по существу опирающийся на оборудование, поставленное принимающей стороной, создает соответствующий набор проблем. Основная тревога инспекторов будет связана с тем, что контрольное оборудование может быть скрытно изменено так, чтобы неверно указывать на выполнение принимающей стороной требований договора. Поэтому необходимо ввести в договор процедуры для придания инспекторам уверенности, что характеристики систем контроля и получаемая от них информация точны и достоверны⁸.

Похоже, что для придания такой уверенности наиболее эффективен многоуровневый подход. Первый уровень создания доверия можно получить путем взаимных ознакомительных визитов совместных делегаций на предприятия по демонтажу ядерных боеголовок в США и России. Во время этих визитов принимающее предприятие расскажет о процессе, который применяется для демонтажа учитываемых договором боеголовок. Принимающая сторона продемонстрирует также контрольное оборудование, которое оно предлагает использовать для демонстрации выполнения условий договора. Гостям будут представлены техническая документация и документы по процедурам для систем контроля. Им может быть даже разрешено взять и проанализировать отдельные подсистемы для контроля или компоненты. Альтернативой является совместная разработка систем контроля, что в таких условиях может иметь очевидные преимущества.

Второй уровень доверительности может быть установлен в начальный период работ на предприятии, где будет происходить проверка договора. Это могло бы произойти непосредственно перед началом деятельности по контролируемому договором демонтажу путем проверки контролирующего оборудования с участием инспекторов для подтверждения технических характеристик. В начальный период (а также в произвольные моменты в период контроля за договором) можно было бы применять специализированные протоколы для дальнейшего возрастания доверия к достоверности показаний контролирующего оборудования.

существующих ядерных арсеналов уже может сильно сократиться и неопределенности даже в несколько единиц ядерного оружия могли бы оказаться критичными.

⁸ D.W. MacArthur and R. Whiteson, *Mayak/PPIA Demonstration Attribute Measurement System with Information Barrier: Functional Requirements*, Los Alamos National Laboratory Report LA-UR-99-5634.

Две подобные методики, которые мы называем протоколами "выбрать или сохранить" и "сохранить использованные части", были включены в программу демонстрации КССП и СПХ. При первом подходе инспекторам позволяется выбрать в реальном времени или во времени, близком к реальному (или лично, или по запросу из удаленного места наблюдения), какие из нескольких одинаковых контрольных подсистем, представленных принимающей стороной (например, пломбы против подделок), будут установлены на реальных элементах, ограничиваемых договором. Разрешается взять (и отвезти домой для анализа) одну или больше подсистем или компонентов, не отобранных для применения, чтобы проверить наличие изъянов, следов от подделок или дезинформации. В рамках второго протокола инспекторам позволяется взять некоторые или все использованные части контрольной системы или подсистемы для анализа после того, как оборудование выполнило приписанные ему договором функции. Оба протокола дают инспекторам возможность проводить выборочную проверку поставленного принимающей стороной механического оборудования, а также обнаруживать подделки или обманы⁹.

Третий уровень доверительности можно обеспечить несколькими простыми методиками придания достоверности показаниям датчиков (входящих в состав системы слежения за договором) при операциях по демонтажу. Такой подход был использован также в прототипе КССП и продемонстрирован на заводе "Пантекс". Например, инспекторы могут запросить "реальное подтверждение" видеоинформации от установки по демонтажу. Простая методика будет заключаться в том, что инспектор, наблюдающий видеоизображения от установки по демонтажу, попросит местный персонал, производящий операции по разборке, сделать определенное движение рукой или телом перед одной из следящих телекамер. Наблюдение за требуемым действием, выполненным в реальном времени, демонстрирует инспектору, что видеосигнал, скорее всего, достоверен и передается в реальном времени. Инспекторы могут также потребовать протокол "локального подтверждения", чтобы убедиться с определенным уровнем доверия, что проверяемая телепередача идет от заявленной установки по демонтажу. Оба протокола обсуждаются более детально в дальнейшем.

Присутствие инспекторов и воздействие на работу предприятия должны быть сведены к минимуму. Из-за того, что операции по демонтажу боеголовок носят секретный характер, и поскольку ни Россия, ни США не создали предприятий для активной разборки боеголовок, которые можно использовать исключительно на операции по слежению за договором, важно, чтобы были созданы подходы к контролю на предприятиях, где продолжают операции с ядерным оружием вне рамок договора. Следовательно, существует потребность в отборе контролирующих технологий и протоколов, четко ограничивающих масштаб наблюдений только той деятельностью, которая требуется для проверки выполнения договора.

Демонстрации систем КССП и СПХ на заводе "Пантекс" подтвердили правоту концепции, что наблюдение за выполнением договора можно проводить на работающем предприятии. Компоненты системы КССП сконструированы так, чтобы оказывать минимальное воздействие на существующие рабочие места для демонтажа – их легко устанавливать, изменять, включать/выключать или удалять. Значительное большинство контролирующих операций может выполняться и удостоверяться инспекторами из помещений, расположенных вне предприятия. Например, одним из немногих поводов для присутствия инспектора на предприятии являются начальная и конечная очистка операционных отсеков для получения уверенности в том, что в них нет элементов, не ограничиваемых договором. Иностранцам инспекторам может также понадобиться провести выборочные личные проверки, например, для подтверждения того, что контейнер, который заявлен для содержания компонентов, не связанных с ядерным оружием, обладает приемлемыми радиационными особенностями¹⁰.

⁹ Для уменьшения расходов по договору можно договориться о максимальной частоте произвольного обращения к протоколам "выбрать или сохранить" или "сохранить использованные части", особенно применительно к наиболее дорогим компонентам и подсистемам. Инспекторы могут также не пожелать автоматического применения всех своих прав при обращении к таким протоколам.

¹⁰ Инспекции по вызову будут обычно проводиться на контейнерах, которые согласно заявлениям принимающей страны содержат элементы, не ограничиваемые договором. Такие инспекции служат побуждением для сотрудников предприятия не обманывать. Если инспекторам разрешается применять усложненные радиационные датчики для проверки таких кон-

Хотя договор мог бы ограничить число таких инспекций, само присутствие иностранного персонала на ядерном предприятии во время операций по демонтажу боеголовок вызывает значительные проблемы. Похоже, что отдельные демонтажные отсеки и секции придется временно выделить для контролируемых операций по демонтажу, как того потребует будущий договор. Основное внимание при дальнейших исследованиях, разработках и испытаниях систем контроля и протоколов следует уделить упрощению процедур, чтобы ослабить их воздействие на операции, не имеющие отношение к договору.

Договор должен требовать от принимающего предприятия демонстрации выполнения условий. Заключительное правило, заслуживающее обсуждения, имеет дело с психологическим подходом ("человеческим фактором") к совместному наблюдению за процессом демонтажа. Договор СНВ-III, когда он будет выполнен, окажется шагом к возрастанию доверия и сотрудничества между подписавшими его сторонами. Однако, обычные подходы к проверке договоров по контролю над вооружениями стремятся подчеркнуть недоступные для инспекторов и противоречащие договору действия принимающей стороны. Поэтому существует тенденция, при которой инспекторы рассматриваются персоналом принимающего ядерного предприятия как враждебные ревизоры.

Поэтому принимающий персонал может рассматривать понятие "выигрыша" (сознательно или бессознательно) как одурачивание инспектора. С точки зрения "человеческого фактора" для договора было бы лучше потребовать, чтобы предприятие по демонтажу продемонстрировало выполнение им договора. Тогда "выигрыш" с точки зрения персонала предприятия состоит в том, чтобы успешно убедить инспекторов в правильном выполнении условий договора. Системы КССП и СПХ с их активными датчиками соответствуют такой цели.

Система КССП

Комплексная система слежения на предприятии (КССП) включает в себя четыре подсистемы: центральный наблюдательный пункт (ЦНП), где в основном находятся зарубежные инспекторы; комплексное устройство для обнаружения подделок (КУОП), которое закреплено на контейнерах для оружия и компонентов; подвижная видеокамера (ПВ), позволяющая инспекторам близко наблюдать установку и удаление КУОП, а также комплексный пункт слежения (КПС), наблюдающий за прохождением элементов на входах в отсеки и секции для демонтажа (см. рис.1). В приложении Б приведен сокращенный перечень основных этапов, характерных для операций системы КССП.

Центральный наблюдательный пункт (ЦНП) – это центр отображения и оценки всей контролирующей информации, собираемой КССП. Обычно в нем находятся иностранные инспекторы, а сам пункт располагается где-то вне ядерного предприятия, подлежащего проверке (в идеальном случае, рядом). Контролируемую в соответствии с договором деятельность по демонтажу можно наблюдать в реальном времени на видеоаппаратуре ЦНП. Прошедшие события можно также затребовать из архива. Вся видеоинформация и данные от датчиков, посылаемые в ЦНП системой КССП, достоверны и несекретны.

тейнеров, у них появится возможность сбора важной секретной информации о контейнерах, если они фактически заполнены ядерными материалами, ограничиваемыми договором.

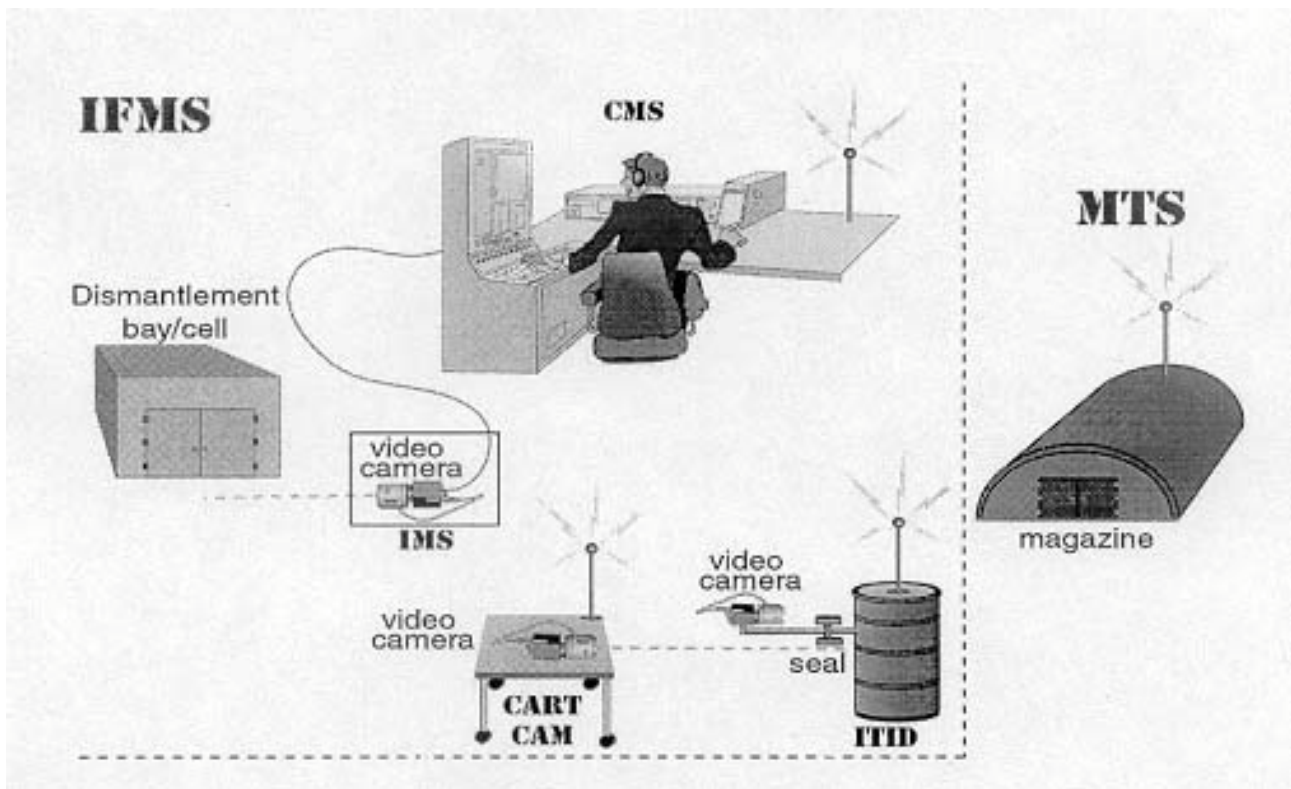


Рис. 1: Схематичное представление КССП (IFMS) и СПХ(MTS). Показаны четыре подсистемы КССП (КПС, КУОП, ПВ и ЦНП). Беспроводные видеосигналы направляются на ЦНП (CMS) от КУОП (ITID) и ПВ (CART-CAM). Но КПС (IMS), находящаяся рядом с каждым отсеком/секцией (bay/cell) для демонтажа, соединена с ЦНП проводами. СПХ также направляет на ЦНП узкополосный (несколько бод) беспроводный сигнал "все в порядке", указывающий на отсутствие несанкционированной деятельности. Для упрощения диаграммы не показаны активная ик-метка на КУОП и ик-приемник на модуле КПС.

Видеосигналы, посылаемые КССП, обрабатываются на ЦНП при помощи разработанного в ЛАНЛ матобеспечения. Эта программа сохраняет только сегменты, где наблюдается движение, и тем самым сокращает объем информации, хранимой в компьютере, и количество изображений, которые должны просматривать инспекторы¹¹. Кроме того, была разработана экспертная система для совмещения информации от датчиков с известными протоколами демонтажа, чтобы обеспечить выполнение договора и обслуживать запас элементов, ограничиваемых договором. Примерами нарушений протокола, которые может обнаружить экспертная система, служат лишние передвижения в промежутках между этапами процесса, расхождения в информации о запасах и неправильная установка КУОП.

ЦНП может также применяться для слежения за информацией, приходящей от системы прозрачности хранилища (СПХ), которая используется для контроля за временным или долгосрочным хранением контейнеров с оружием.

Комплексное устройство для обнаружения подделок (КУОП) – это подсистема КССП, которая устанавливается на каждом контейнере, содержащем заявленное, ограниченное договором оружие или его компоненты. КУОП содержит пломбу для обнаружения подделки на контейнере, инфракрасную (ИК) метку для отождествления контейнера, миниатюрную видеокамеру для слежения за меткой и пломбой и беспроводный видеопередатчик (с батареей) для передачи изображений, а также оборудование для закрепления дета-

¹¹ Возможно, в рамках договора каждой стороне могут быть предложены идентичное аппаратное и математическое обеспечение для ЦНП. Впрочем, иностранные инспекторы будут обладать правом использовать собственное аппаратное и математическое обеспечение, а также анализировать и записывать информацию, посылаемую на ЦНП, любым способом в зависимости от их желания.

лей на контейнере¹²¹² (см. рис.2). В блок видеокамеры входят ИК-облучатель и ИК-фильтр перед камерой для предохранения от комнатного света. Это не позволяет интерпретировать применение подвижных штор или изменение освещенности в комнате как заметные изменения картины, которые обнаружилось бы матобеспечение, расположенное в ЦНП.

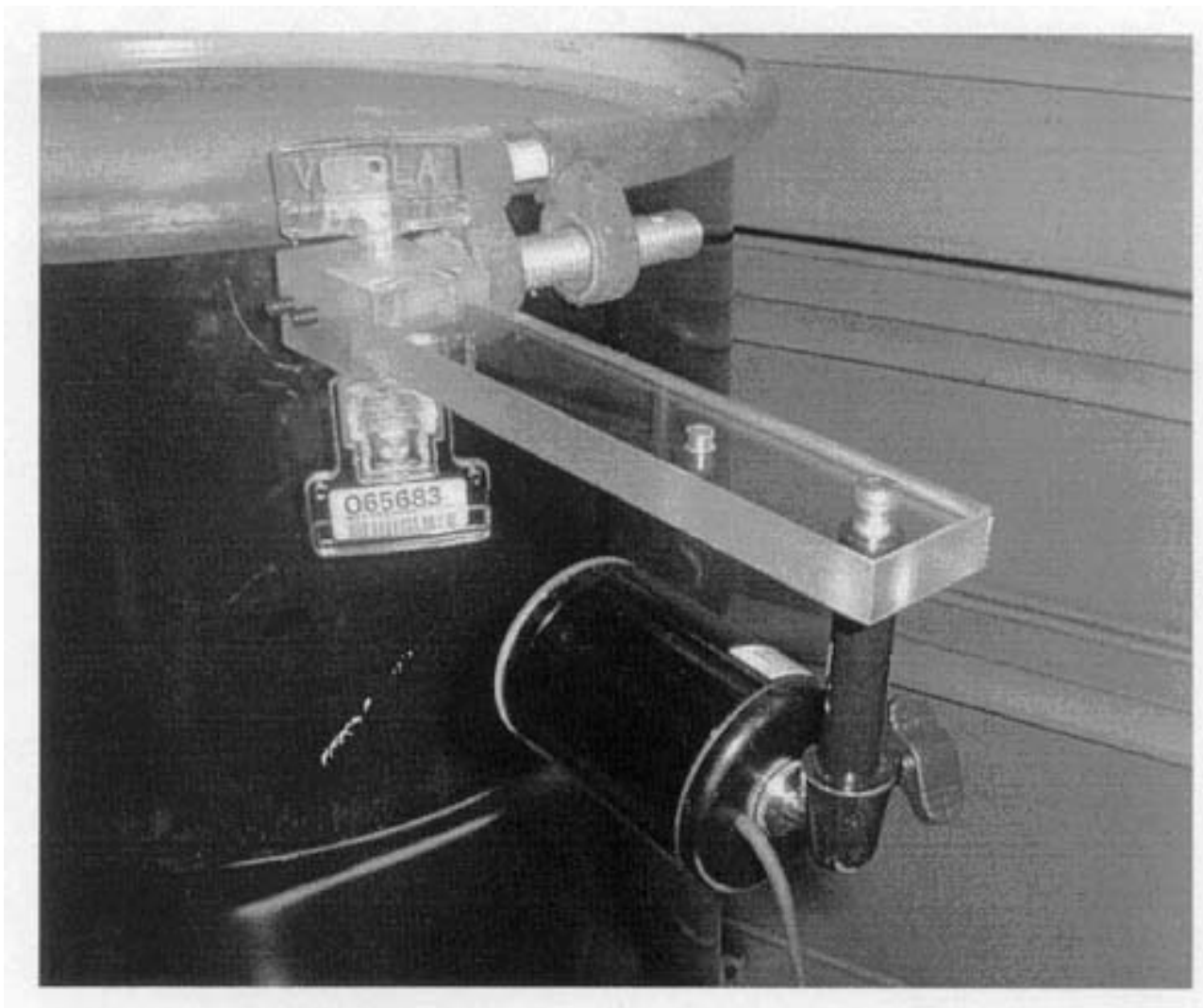


Рис. 2: Фотография части устройства КУОП, установленного на одном из типов контейнера. Видеокамера с ик-осветителем следит за пломбой, за штриховым кодом и за частью контейнера. Не показаны ик-метка и видеопередатчик с батарейным питанием, передающий ви-

¹² Пломбы, которые мы чаще всего применяли для контейнеров при демонстрации на заводе "Пантекс", были изготовлены фирмой Релкор (Норт Палм Бич, Флорида). Эта коммерческая пломба обладает рядом преимуществ при применении к наблюдению за договорами, включая простоту, легкость использования, длительность, надежность, безопасность, относительно низкую цену, оптическую прозрачность, хорошую видимость для видео слежения, большую пластинку для кода и хорошо видимый порядковый номер, а также то, что сейчас такие пломбы не применяются для ядерных приложений. Чаще всего применявшаяся при демонстрациях ик-метка (жетон-локатор) VER-1700 изготовлена фирмой Версус Технолоджи (Треверс Сити, Миннесота). Она испускает с частотой 447.5 кГц цифровой сигнал на длине волны 875 нм, куда включен индивидуальный порядковый номер (размером 16 бит) каждой метки. Для увеличения времени жизни батарей в жетон включен датчик движения, уменьшающий частоту ик-сигнала, когда метка покоится. Два приемника (модель VER-4420) внутри модуля КПС, считывающие сигналы ик-метки, также были изготовлены фирмой Версус Технолоджи. Максимальное расстояние обнаружения составляло обычно 4 - 7 м.

деоизображения КУОП. Передатчик обычно находится в ящике, который расположен на верхушке контейнера. Видеокамера КУОП сфокусирована на узкую область контейнера и не показывает ничего, что имеет отношение к операциям установки, когда контейнер продвигается мимо нее.

Видеокамера КУОП позволяет производить без прерываний рассмотрение запломбированного контейнера в отличие от периодической проверки целостности пломбы. Это может значительно увеличить доверительность того, что не произошло подделки. КУОП всегда удаляется под наблюдением КПС и ПВ перед захождением контейнера в комнату или секцию для демонтажа. Это делается для того, чтобы избежать передачи любой секретной информации во время процесса демонтажа. К любым контейнерам, покидающим комнату или секцию для демонтажа и содержащим, как заявляется, ограничиваемые договором элементы, должны прикрепляться КУОП, прежде чем им будет разрешено перейти на новую позицию.

Подвижная видеокамера (ПВ) показана на рис.3. Блок содержит небольшую видеокамеру с точечной диафрагмой, беспроводный видеопередатчик для передачи сигнала на ЦНП, батарею питания и дисплей на жидких кристаллах (ДЖК), позволяющий персоналу предприятия наблюдать за изображением.

ПВ пододвигается к контейнеру с оружием до установки или удаления КУОП. ПВ позволяет инспекторам, находящимся на ЦНП, наблюдать с близкого расстояния процесс установки или удаления КУОП.

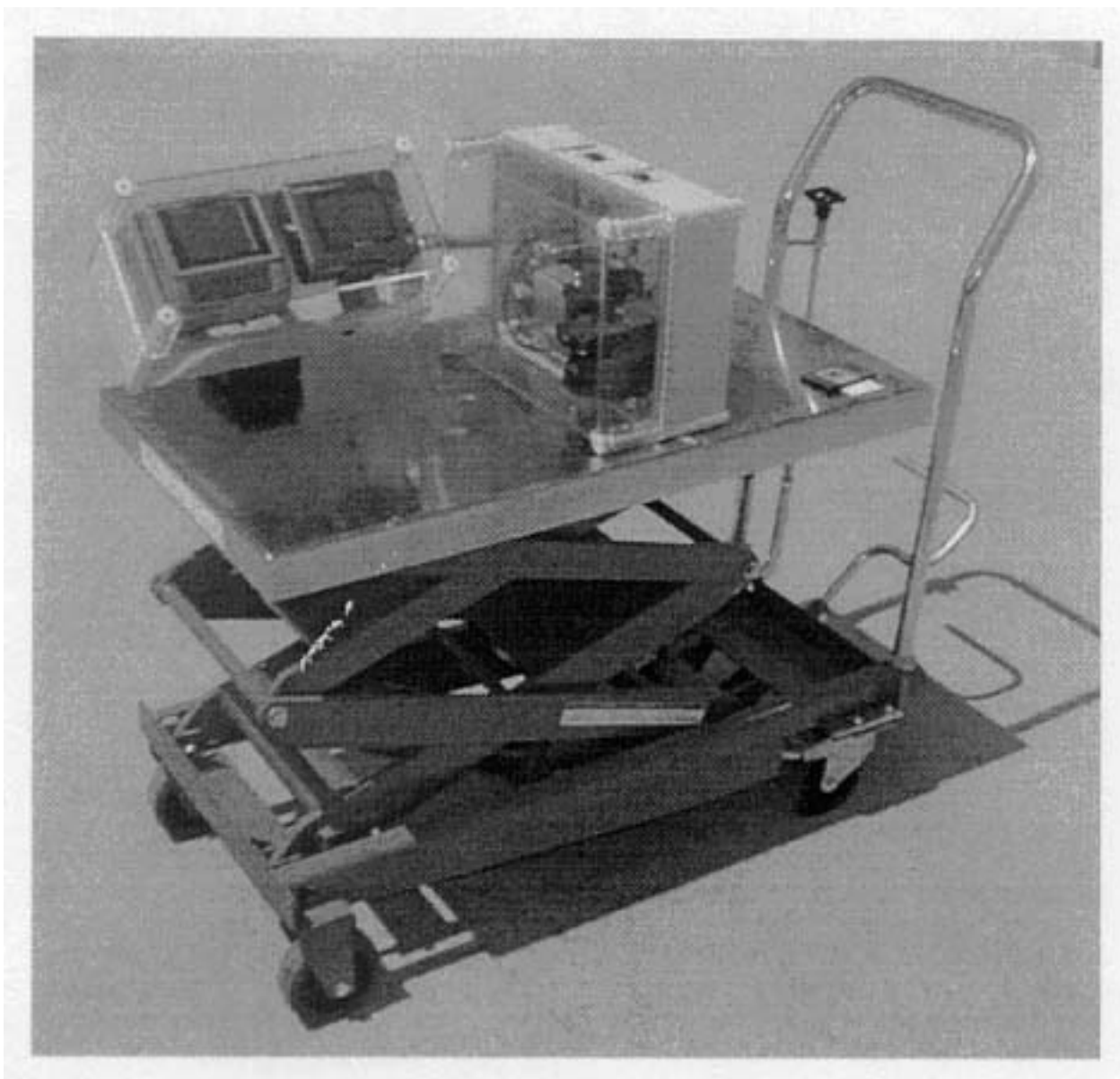


Рис. 3: Подвижная видеокамера (ПВ), используемая в КССП для получения изображений крупным планом при установке КУОП и удалении ее с отдельных контейнеров.

Комплексный пункт слежения (КПС) представлен на рис.4. Это модуль с датчиками, помещаемый вне входа в отсеки и секции для демонтажа, заявленные для использования в рамках договора. В него входят две видеокамеры с точечными диафрагмами, два приемника ИК-метки (для дублирования) и небольшой ДЖК. Одна из камер смонтирована на откидной поворотной плате, которой персонал предприятия может управлять дистанционно с расстояния в несколько метров при помощи ручного ИК-пульта. Это позволяет получить на КПС стереоскопическую картину, что может оказаться полезным для описанных далее процедур "реального подтверждения".

Цель КПС заключается в том, чтобы отслеживать ограничиваемые договором элементы на входе и выходе отсеков для демонтажа и наблюдать за удалением и повторной установкой КУОП на контейнеры с оружием и компонентами. КПС непрерывно передает данные своих датчиков (видеосигналы и любые серийные номера ик-меток, которые он получает) на ЦНП для анализов инспекторами и компьютерной экспертной системой. Видеоизображения от КПС посылаются также на ближайшие ДЖК, расположенные снаружи от отсеков и секций для демонтажа (достаточно близко к ним). Эти дисплеи предоставляют персоналу предприятия возможность наблюдать видеоизображения, посылаемые инспекторам на ЦНП.

Система прозрачности хранилища (СПХ)

Система обеспечения прозрачности хранилища (СПХ) обнаруживает несанкционированные перемещения контейнеров с оружием из хранилища и обслуживает содержимое хранилища. Она устанавливается в помещениях для хранения или в зонах хранения, содержащих запасы хранимых элементов, заявленных для использования в договоре СНВ-III. СПХ может обслуживать и передавать информацию о количестве хранимых элементов, ограничиваемых договором, на ЦНП.

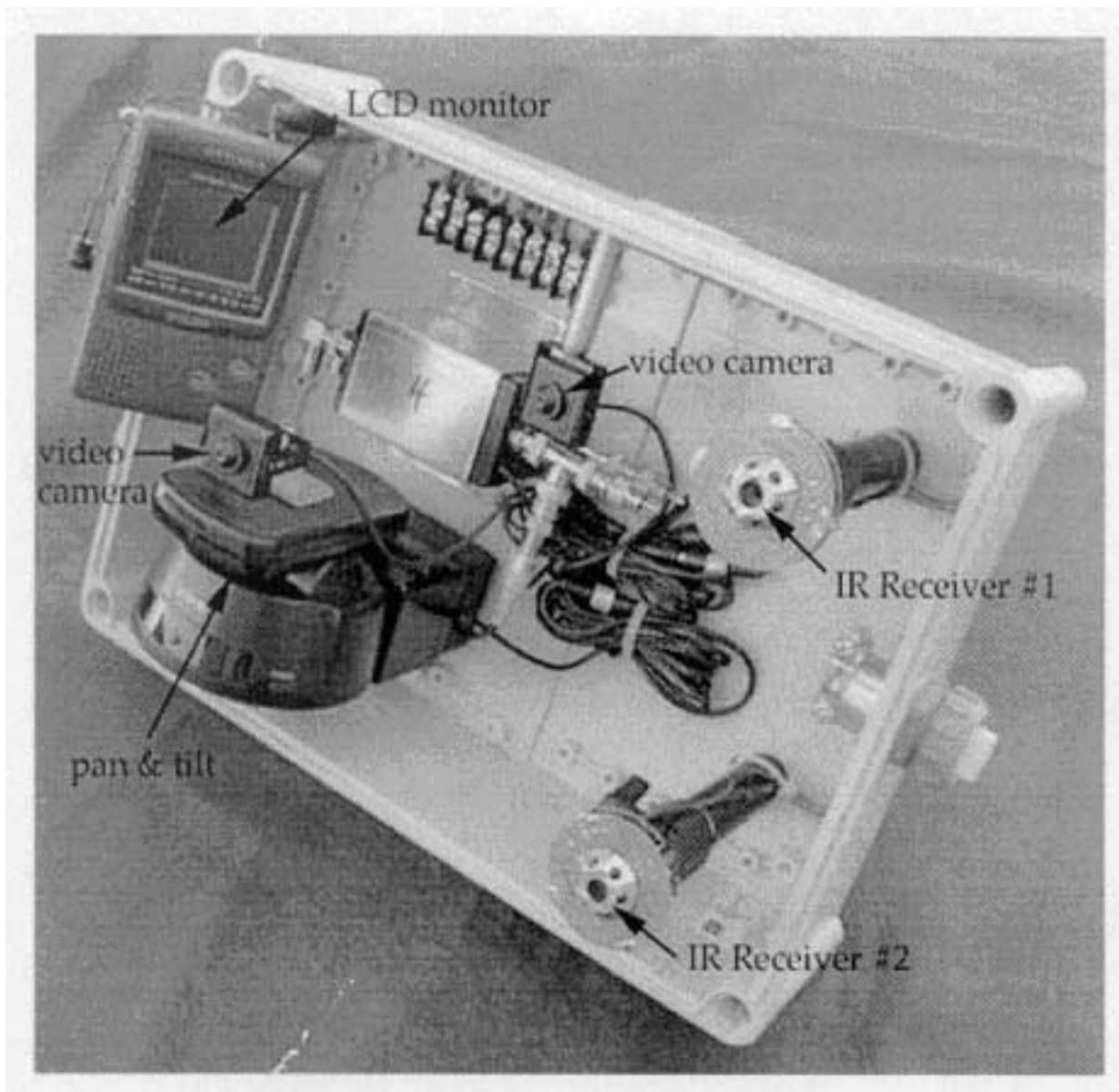


Рис. 4: Фотография модуля КПС. Такой модуль расположен рядом с каждым отсеком или секцией для демонтажа и следит за происходящей деятельностью. Чтобы получить лучший вид на фотоснимке, удалена прозрачная пластиковая крышка. Слева направо видны следующие компоненты: ДЖК (LCD monitor) для реального подтверждения; видеокамера с точечной диафрагмой, установленная на дистанционно управляемой поворотной плите (pan & tilt); вторая (фиксированная) видеокамера; два приемника ик-метки (IR Receiver), считывающие порядковый номер, который высвечивает активная ик-метка, находящаяся на каждом контейнере. Небольшое зеркало, позволяющее видеть ДЖК в углу своего поля зрения, прикреплено на крышке (ее не видно). Размеры блока (вместе с пластиковой крышкой) составляют 38 см x 28 см x 18 см, но их можно сильно миниатюризировать.

Только пассивные метки и пломбы наложены на контейнеры с оружием, находящиеся в хранилище, чтобы уменьшить тревоги принимающей стороны относительно надежности и безопасности и устранить проблемы, связанные с конечной жизнью батарей.

СПХ предназначена быть гибкой системой, способной легко воспринимать новые или альтернативные датчики безопасности. Система, которая была продемонстрирована на заводе "Пантекс" (см. рис.5), имела следующие элементы¹³:

- считыватель штрих-кода
- видеокамера для слабого освещения
- ик-осветитель видеокамеры
- пассивная радиометка (транспондер) и радиоприемник
- магнетометр с чувствительностью 1 нТл
- покрывало МАГТАГ (магнитная метка) – плотная ткань, содержащая случайно ориентированные магниты из редкоземельных металлов и радиометку, для покрытия каждого оружейного контейнера
- портативный компьютер (ноутбук) для анализа видеоинформации и показаний радиометки, магнетометра и датчика штрих-кода
- вспомогательная клавиатура для шифровки (ВКШ), используемая компьютером для отправки сигнала "все в порядке".

Все детали за исключением покрывала МАГТАГ, ВКШ и матобеспечения имеются в свободной продаже.

Считыватель штрих-кода применяется для прочтения кода на пломбе контроля над вооружениями, находящейся на каждом контейнере, когда он поступает в хранилище (или покидает его). Этот считыватель управляется вручную и передает данные на ноутбук СПХ через беспроводный блок считывания. Данные от считывателя (включая временную метку, номер считывателя и номер штрих-кода) можно сохранить в ноутбуке для последующего анализа или передать из ноутбука на ЦНП.

Для показа СПХ на заводе "Пантекс" мы использовали монохроматические видеокамеры с точечными диафрагмами, потому что они дешевы, светочувствительны и имеют большую глубину резкости (что устраняет необходимость в установке фокуса). ИК-осветители (ДЖК) обеспечивают эффективную подсветку помещения хранилища без необходимости применять дополнительное освещение.

Радиометка, которая применялась для демонстрации на заводе "Пантекс", - это пассивный транспондер с размерами 10.4 x 3.2 x 0.2 см. Он не нуждается в батарее для работы, но сообщает свой индивидуальный порядковый номер при возбуждении активным радиоприемником с антенной. Для каждого контейнера можно использовать различные радиометки (с индивидуальным порядковым номером).

Магнетометр и соответствующее матобеспечение измеряют магнитное поле внутри хранилища, а также обнаруживают изменения поля, вызванные движениями постоянных магнитов, которые произвольно зашиты в покрывала МАГТАГ, одетые на контейнеры с оружием или компонентами^{14,15}. Обычно для покрывала МАГТАГ применяются от двух до вось-

¹³ Среди коммерческих компонентов, применявшихся при демонстрации СПХ на заводе "Пантекс", были ручной считыватель штрихового кода (модель 1552) и блок беспроводного определения штрихового кода (модель 9745), изготовленные фирмой Интермех (Эверетт, Вашингтон), а также изготовленная на Интермехе система считывания радиометки (модель 2100/915NV2) и трехосный магнетометр (модель FGM-5DTAA) фирмы Уолкер Сайнтифик (Уорчестер, Миннесота). Магнетометр занимает объем менее 0.6 литра. Ноутбук для СПХ, находящийся внутри помещения хранилища, может анализировать сигналы от нескольких видеокамер и магнетометров, хотя при демонстрациях на заводе "Пантекс" использовались только по одному из этих приборов.

¹⁴ Постоянные магниты можно также расположить на входных дверях хранилища, так что любое движение двери определяется бесконтактным методом при помощи магнетометра. Существуют дополнительные интригующие расширения возможностей концепции покрыва-

ми редкоземельных магнитов (неодим-30 или неодим-35), причем их объем лежит в пределах 2-8 куб. см.

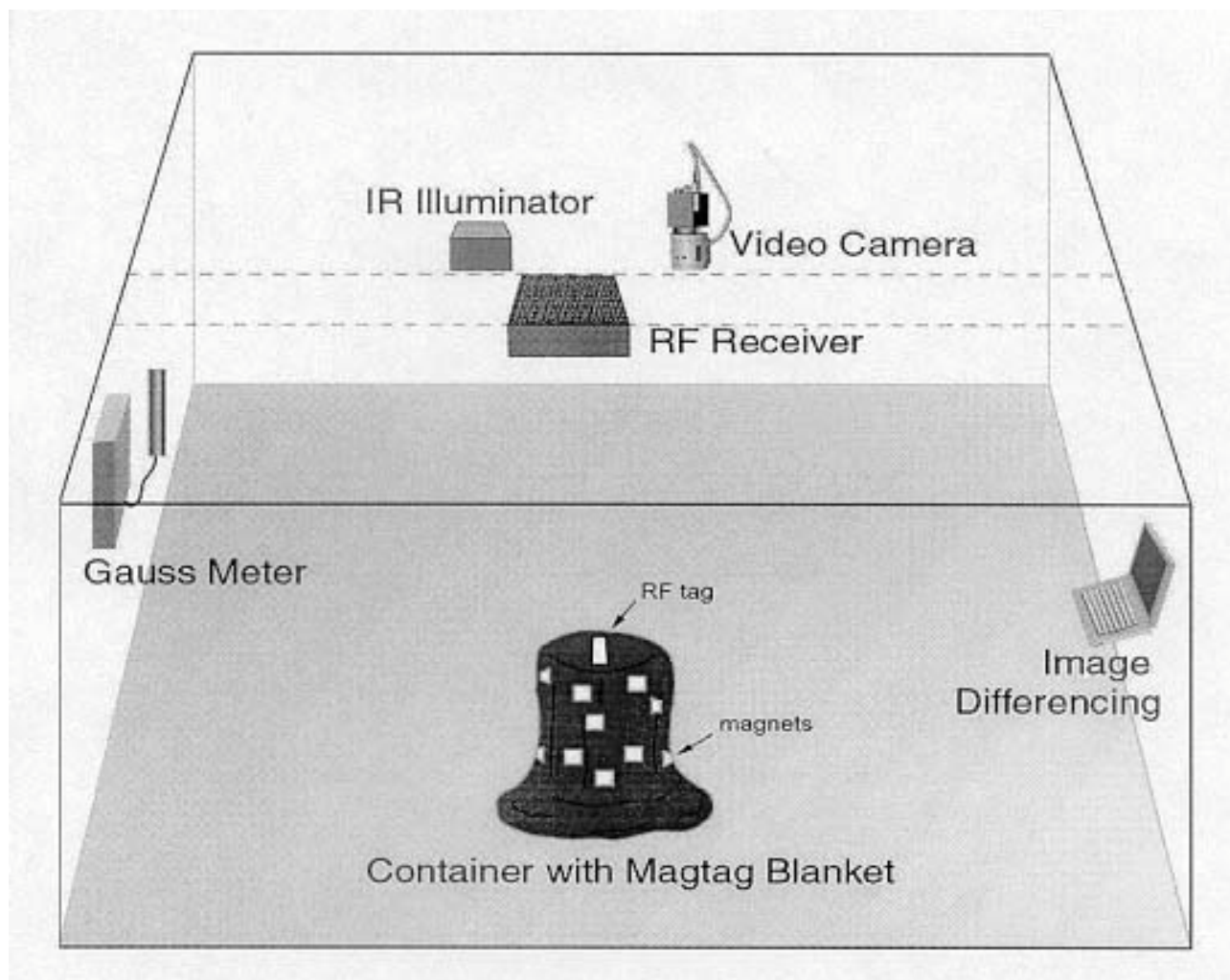


Рис. 5: Схема системы СПХ, где показаны основные компоненты (слева направо и сверху вниз): ик-осветитель, видеокамера, радиоприемник, магнетометр, ноутбук для определения различий на изображениях и контейнер, накрытый покрывалом МАГТАГ (оно содержит радиометку и постоянные магниты).

Видеокамеры СПХ обнаруживают и снимают любые изменения, а система радиометок опрашивает пассивные радиометки, находящиеся в покрывале МАГТАГ, для дальнейшего наблюдения. Легко можно ввести в систему СПХ другие типы интрузивных детекторов, включая акустические, тепловые, микроволновые, фотоэлектрические датчики, а также датчики со связью на оптических волокнах и датчики изменения расстояния между объектами.

Вся информация от датчиков СПХ собирается и анализируется простым ноутбуком. Если компьютер не ощущает аномального движения контейнера или иной несанкциониро-

ла МАГТАГ, некоторые из которых совсем трудно одурачить. Это обсуждалось при рассмотрении в 1999 г. американского патента Р.Дж. Джонстона и А.Р.Е. Гарсия "Метка и пломба на основе вектора магнитного поля".

¹⁵ При чувствительности 1 нТл один магнетометр может обнаружить изменение постоянного магнитного поля на расстоянии около 20 м в зависимости от числа магнитов и напряженности поля в них в каждом покрывале МАГТАГ. Поворот на десятую градуса или перемещение на несколько мм отдельного магнита могут быть обнаружены без труда.

ванной деятельности, он раз в секунду посылает сигнал "все в порядке", зашифрованный на ВКШ¹⁶. Эта клавиатура поставляется и устанавливается в ноутбук инспекторами непосредственно перед началом контроля над хранилищем; принимающая сторона ее не знает. Такой подход выбран по той причине, что можно использовать простой, но неразрушаемый шифр, не ограничиваемый проблемами национальной безопасности, прав собственности или экспортного контроля. Даже если сигнал ВКШ перехватывается, он не обладает ценностью для других хранилищ или для того же самого хранилища после того, как будет установлена новая ВКШ¹⁷. Если соперник захотел бы получить доступ к ВКШ, чтобы подделать сигнал "все в порядке", он может это сделать. Однако, если допустить, что он не обманул датчики, ему остается всего одна секунда, чтобы добраться до ноутбука, определить нахождение ВКШ, заблокировать сигнал СПХ и начать посылать свой поддельный сигнал "все в порядке".

Обратите внимание, что если этот сигнал состоит из единственного байта (8 бит/с), то ВКШ потребляет только 31.5 Мбит информации в течение года¹⁸.

По сравнению с другими схемы слежения за хранилищем, где широкополосная засекреченная и рассекреченная информация от датчиков должна посылаться от каждого хранилища в центральную штаб-квартиру для интерпретации, СПХ обладает очень малыми требованиями к полосе частот¹⁹.

Независимо от того, что должен обнаружить ноутбук, - перемещение контейнера или незаявленный вход в хранилище – ВКШ выдает такой сигнал, что инспекторы получают тревожное сообщение о наличии необычного события. Ноутбук сохраняет информацию от видеокамеры, магнетометра, радиометки и других датчиков для любых событий такого типа. Эти записанные файлы доступны инспекторам, так что они могут понять, что произошло в действительности. После любого подобного аномального события (или в рамках регулярного контроля) хранилище может быть открыто и инспекторам немедленно передается ноутбук. Они могут проанализировать его для уточнения событий или обнаружения следов подделки.

В Приложении В содержится сокращенный перечень основных действий при использовании СПХ.

Реальное подтверждение и локальное подтверждение

Как КССП, так и СПХ устраняют значительную часть потребностей в информацион-

¹⁶ J. Luger, Code Making and Code Breaking, Breakout Productions, 1990.

¹⁷ Используемая в связи с протоколами реального и локального подтверждения ВКШ уменьшает или устраняет необходимость в информационных барьерах, схемах стандартного дешифрирования или установления подлинности, проверках работоспособности оборудования, защите системных датчиков пломбами или обнаружителями подделок и в широкополосных потоках информации от датчиков, направляемых на значительные расстояния к центральному пункту для анализа. Все упомянутое обычно сложно и дорого для установки и обслуживания, трудно поддается переговорам и очень чувствительно к обману.

¹⁸ Может оказаться ненужным посылать сигнал "все в порядке" каждую секунду, если для нападения на СПХ потребуется более секунды. Тем не менее, при частоте посылок 1 бит в секунду некоторые драйверы могут накапливать информацию от ВКШ в течение свыше трех лет (Йомега Зип) или тридцати лет (Джаз) даже без сжатия данных. При сжатии данных флоппи-диск может накапливать информацию примерно за три недели.

¹⁹ Скорость передачи данных от СПХ в действительности настолько мала, что сигнал "все в порядке" можно передавать на значительные расстояния при помощи световых вспышек, лазера малой мощности или просто путем механических знаков. Это может оказаться полезным на некоторых российских предприятиях, расположенных в основном в сельской, изолированной или лесистой местности. Узкополосная связь может также привлечь интерес к СПХ в целях наблюдения за ядерными компонентами и материалами во время их перевозок, например, на платформах или в вагонах. При этом устраняется необходимость в широкополосном сигнале, который мог бы привлечь ненужное внимание к движущемуся транспорту – это нежелательно по причинам безопасности при перевозке ядерных элементов.

ных барьерах и шифрованию данных, требуя от принимающей стороны предоставления непрерывной информации (в реальном времени) от датчиков, включая видеосигналы, инспекторам, находящимся за пределами предприятия. Достоверность этих сигналов подтверждается методиками, которые называются "реальное подтверждение" и "локальное подтверждение".

Методика реального подтверждения предназначена для увеличения доверия к тому, что информация поступает от датчиков в реальном времени, а не является записанной заранее. Это помогает преодолеть опасения инспекторов, что им подсовывают уже записанные видеосигналы и показания датчиков, показывающие то, что должно быть, а не то, что в действительности происходит внутри предприятия по демонтажу.

Методика локального подтверждения помогает установить, что сигналы исходят от представляющей интерес установки (или, по крайней мере, источник сигналов находится рядом с ней), а не от фальшивой установки, которая намеренно выглядит как настоящая (например, это касается видеосигналов). В методике реального подтверждения используются надписи или знаки для маркировки установки, которую инспекторы наблюдают с помощью телекамер.

Позднее инспекторам разрешается наблюдать и проверять отметки лично. Для установления приблизительного расстояния до датчиков или видеокамер применяется информация о времени прохождения сигнала. Конечное время прохождения электронных сигналов помогает установить, что информация от датчиков реального времени исходит от источника, находящегося на предприятии, с точностью несколько километров. Это требует от инспекторов применять некий случайный сигнал в быстром времени нарастания (как при передаче видеосигнала), чтобы модулировать показания датчиков реального времени или видеокамер.

Реальное подтверждение системой КССП. Существует несколько высокотехнологичных способов, которые можно внедрить для испытания реального подтверждения системой КССП, хотя, по нашему мнению, не столь сложные варианты окажутся более эффективными.

При подтверждении реальности видеосвязи инспекторы могут попросить прекратить операции в неустановленное время²⁰. Затем они потребуют, чтобы сотрудник предприятия (возможно конкретное лицо) прошел перед одной из видеокамер КПС и выполнил определенное действие, например, помахал левой рукой. (Конкретное действие заранее не объявляется). Можно также попросить сотрудника поместить руку или палец перед камерами на ПВ или КУОП и выполнить конкретное движение²¹. Его (или ее) можно попросить поднять конкретную карточку перед камерой с использованием определенной ориентации или направления движения, а также осветить место лампой-вспышкой.

Хотя принимающее предприятие, несомненно, может переключать записанные заранее изображения на передачу в реальном времени при проверке на реальное подтверждение (или вклеивать различные видеосигналы в часть рамки видеосигнала), чтобы попытаться одурачить инспекторов, в реальном времени очень трудно совместить текущие изображения с записанными ранее.

Очень трудно реально совместить освещение, тени, усиления пикселей на двух разных изображениях, по крайней мере, при современной технологии. Анализ инспекторами форм видеосигнала, синхронизацию сигналов или проверка совмещения кадров и пикселей скорее всего обнаружат аномалии^{22,23}.

²⁰ В договоре придется ограничить число запросов со стороны иностранных инспекторов на незапланированные реальные и локальные подтверждения (а также на инспекции по требованию).

²¹ Мы полагаем, что дух международного сотрудничества, существующий в рамках договора, может быть оценен по тому, насколько часто инспекторы будут требовать от персонала неприличных жестов в ходе испытаний на реальное подтверждение.

²² Даже если сравнение рамок изображения и пикселей на записанных видеосигналах не станет рутинной операцией, каждая сторона будет отчетливо понимать, что такая возможность остается у другой стороны.

²³ Две камеры модуля КПС, находящегося вне каждой секции или отсека для демонтажа в рамках СНВ-III, включаются при начальном просмотре инспекторами отсека или секции. По-

Чтобы еще более усложнить любую попытку обманывать инспекторов с помощью высокотехнологичной методики обработки изображений в реальном времени, инспекторы могут потребовать в произвольный момент времени включения поворотных механизмов одной из камер в модуле КПС. Это дает стереоскопическое изображение места, расположенного вне комнаты или отсека по демонтажу. Подделать такое фактически трехмерное изображение в реальном времени гораздо труднее, чем подделать двумерное изображение.

Другие датчики КССП, дополняющие видеокamеры, можно испытывать аналогичным образом. Например, инспекторы могут попросить, чтобы конкретная неиспользованная ИК-метка с порядковым номером, известным только им, была помещена непосредственно перед модулем КПС так, чтобы ИК-приемник смог зафиксировать ее номер и передать эту информацию на ЦНП²⁴. Аналогичные стратегия и логика применимы при использовании калиброванных радиоактивных источников для подтверждения характеристик радиационных детекторов²⁵.

Локальное подтверждение системой КССП. Идея проверки локального подтверждения на основе метода времени пролета связана с использованием конечной скорости электронных сигналов для определения того, насколько видеосигналы КССП должны быть более или менее локализованными. Испытание локального подтверждения может быть проведено без привлечения персонала принимающего предприятия.

Модуль КПС, использованный на заводе "Пантекс", содержал небольшое изогнутое зеркало, расположенное в углу поля зрения одной из видеокamер модуля. Зеркало позволяло камере наблюдать за небольшим ДЖК. Он демонстрировал обратную связь в реальном времени, которую обеспечивали инспекторы и о которой заранее не знали на принимающем предприятии. Полоса частот видеосигналов достаточна для того, чтобы осуществить временную привязку прихода определенной информации об интенсивности освещенности пиксела на видеосигнал КССП, если знать, когда они возникли в видеосигнале инспектора, poslanном на принимающее предприятие^{26,27}.

ступающая на КССП видеoinформация содержит поэтому изображения инспекторов, входящих в отсек или секцию. Непрерывная передача от модуля КПС продолжается до тех пор, пока инспекторы не войдут туда во второй раз для конечного просмотра, что также фиксируется видеокamерами. Затем камеры на КПС отключаются до тех пор, пока отсек или секция не потребуются для следующей операции по демонтажу в рамках СНВ-III, когда инспекторам придется проводить новый предварительный просмотр. (Отсек или секция готовы для функций сопровождения арсенала, когда они не работают для демонтажа в рамках СНВ-III.) При изучении записи видеосигналов КССП для поиска следов подделки инспекторы снова могут обратиться к изображениям, показывающих их самих при входе в отсек или секцию для начального и конечного просмотров.

²⁴ В случае, например, проверки характеристики приемников ик-сигнала, находящихся в модуле КПС, может оказаться полезным иметь запечатанный и запломбированный ящик, содержащий ик-метки, которые поставляются инспекторами. Во избежание шпионажа они вносятся на ядерное предприятие внутри запечатанного и акустически изолированного цилиндра Фарадея, который еще экранирован от радиации. (Принимающее предприятие поставляет пломбы для этого ящика.) Такой ящик хранится под наблюдением одного из КПС-модулей. Под наблюдением видеокamер персонал предприятия по указанию инспекторов снимает пломбу и выбирает одну из меток, на которую указывают инспекторы. Эта метка подносится к ик-приемнику, чтобы инспекторы смогли увидеть, находится ли на ней правильный порядковый номер, который не был заранее известен принимающему предприятию. Принимающее предприятие затем забирает все метки для последующего анализа (проверка на шпионаж), а использованная пломба для ящика возвращается инспекторам.

²⁵ КССП при демонстрации на заводе "Пантекс" не содержала радиационные датчики, хотя при демонстрации на полигоне в Неваде использовались счетчики Гейгера-Мюллера, вмонтированные в модуль КПС.

²⁶ То же самое можно выполнить (фактически с более высоким временным разрешением) при использовании ДЖК с более быстрым нарастанием сигнала, управляемого инспекторами и помещенного перед камерами КПС. Когда инспекторы организуют вспышку на ДЖК в случайно выбранные моменты времени, они могут следить за задержкой появления этого сигнала в отдельных пикселах видеоизображения на КПС. Однако, нельзя преодолеть сим-

Другой тип испытания "локального подтверждения" особенно прост. Похоже, что его удивительно трудно обмануть. В случайные моменты времени инспекторы требуют, чтобы персонал прекратил операции и распылил небольшое пятно краски на стенках установки, на полу или на контейнере под наблюдением камер КПС, ПВ или КУОП²⁸. Если инспекторам позволят вскоре войти на предприятие, они смогут проверить эти пятна, убедиться в свежести краски и сравнить со своим сделанным ранее видеоизображением.

Распыление краски предпочтительнее, чем нанесение кистью или постоянными маркерами, потому что у распыленного пятна расплывчатые очертания, которые трудно скопировать быстро и точно. Возможны также другие, более сложные пути для маркировки установки.

Реальное и локальное подтверждение системой СПХ. Проведение испытаний реального и локального подтверждения на СПХ внутри хранилища в чем-то более затруднительно, чем на системе КССП, поскольку хранилище опечатано. Впрочем, такие испытания всегда могут быть проведены до закрытия хранилища и вскоре после того, как его открыли. Инспекторы могут также проводить испытания реального и локального подтверждений на магнетометре СПХ даже после опечатывания хранилища. Находящийся внутри хранилища магнетометр легко может обнаружить редкоземельный магнит или электромагнит, принесенные на расстояние ближе 10 метров до хранилища. Это будет записано как событие и указано сдвигом сигнала "все в порядке". Напряженность и ориентация поля используемого магнита (или электромагнита) не будут известны персоналу принимающего предприятия.

Дополнительные комментарии к подходам КССП и СПХ

Оба подхода (КССП и СПХ), изложенные в этой статье, включают в себя принципы и концепции демонтажа, которые совершенно не зависят от конкретного оборудования. Такая гибкость является ключевой для планирования СНВ-III или последующих соглашений из-за неизвестности того, о чем можно будет договариваться между двумя сторонами, из-за нашего недопонимания большей части российского оружейного комплекса, из-за быстрого роста технологии и из-за неожиданных сюрпризов и проблем, которые неизбежно сопровождают всякие серьезные усилия, направленные на что-нибудь столь же сложное, как прозрачность для ядерного демонтажа.

Использованное для демонстрации КССП и СПХ оборудование имеется в продаже. Это понижает стоимость и обеспечивает дополнительные уровни комфорта для операторов на установке и сотрудников безопасности. Как КССП, так и СПХ, а также большая часть компонентов коммерческого оборудования, использованного в них, не содержат метки или пломбы, применяемые в настоящее время на ядерных предприятиях правительства США. Это может дать русским возможность поверить, что у Соединенных Штатов нет неравноправного десятилетнего преимущества в понимании этих устройств для безопасности и их уязвимости. Это означает также, что американская сторона может поделиться такими сис-

метрию между наблюдением КПС-камерой видеопрограммы инспекторов и в то же время наблюдением инспекторами видеопередачи от КПС, где содержится слегка сдвинутое во времени запись их собственной видеопрограммы. Обратите внимание, что видео сигнал от инспекторов можно послать на ядерное предприятие беспроводным образом, благодаря чему нет необходимости в промежуточной памяти. Можно воспользоваться даже местными телевизионными программами.

²⁷ Для проведения испытания на реальное подтверждение ЦНП должен быть достаточно близко расположен. Если он находится на расстоянии в несколько км (в пределах на другой стороне земного шара) от принимающего ядерного предприятия, то задержка электронного сигнала окажется слишком большой, чтобы гарантировать локальность видеосигнала от КССП.

²⁸ Еще лучше было бы взять долото и отбить небольшой кусок от бетонной стены под прищотром видеокамер. Если у камер достаточное разрешение, то быстрое копирование этого трехмерного отображения в непредсказуемом месте окажется нетривиальной задачей. У такого подхода есть еще одно, ироничное преимущество: по мере того, как мы демонтируем ядерное оружие, мы также потихоньку демонтируем само ядерное предприятие.

темами без опасения поставить под угрозу национальную безопасность на американских ядерных предприятиях.

Использованное для КССП и СПХ оборудование можно сконструировать, изготовить, приобрести и упаковать как угодно в соответствии с пожеланиями принимающего предприятия. Устанавливаемые договором требования к оборудованию должны содержать только спецификацию характеристик, а не детали по конструкции, изготовлению или приобретению компонентов.

Дальнейшие работы

Мы работаем над установкой рабочих вариантов КССП и СПХ на новой установке по прикладному слежению и прозрачности в ЛАНЛ. Эта установка позволит проводить демонстрацию и испытания КССП и СПХ в несекретном виде, доступном для иностранцев. Будут показаны также другие технологии для наблюдения за договором, безопасности и прозрачности.

Очевидно, что предстоит больше работы в будущем по меткам и пломбам. Существующие метки и пломбы (как государственные, так и коммерческие) не имеют оптимальную конструкцию для прозрачности и наблюдения за договором. Главным образом они предназначены для приложений в области обычной безопасности²⁹. Более того, существующие метки и пломбы слишком легко можно обойти³⁰.

В системе КССП видеозображения используются в необычном качестве для наблюдения в реальном времени за метками и пломбами на движущихся контейнерах. Конечно, нет ничего необычного в применении видеослежения для национальной ядерной безопасности и мер защиты. Но, как традиционно сложилось, фиксированные видеокамеры обычно наблюдают установку, средства контроля или персонал, а не следят непосредственно за перемещающимися метками или пломбами (или двигаются вместе с ними). Прямое видеонаблюдение крупным планом меток и пломб может позволить получить значительное увеличение безопасности и увеличение доверительности к возможности обнаружения подделок. Эту уверенность, однако, надо еще тщательно проверить. Существующие метки и пломбы не были спроектированы с представлениями, что их можно будет наблюдать непрерывно крупным планом при помощи видеокамер. Применявшиеся в подходе КССП пломбы потребуют модификации конструкции, крепления и/или запоров, чтобы полностью использовать преимущества такого слежения в реальном времени видеокамерами при перемещении элементов⁶. Необходимо провести оценки уязвимости, которые учтут слежение видеокамерами в реальном времени. Необходимо полнее разработать и испытать протоколы для эффективного применения особенностей видеонаблюдения.

Другой областью, где требуется проведение дальнейших научно-исследовательских работ, является ВКШ для применения на ноутбуке внутри помещения для хранения. Существуют много вопросов по процедуре, логике, матобеспечению и уязвимости, связанных с осуществлением этой концепции. Такие вопросы надо изучить более детально.

В число других вопросов, требующих дальнейших работ, входят разработки нужных интерфейсов между КССП и системами слежения за хранением (включая СПХ), а также методов прозрачности для наблюдения за переносом демонтированного оружия в зоны хранения, расположенные в другом месте, для постоянного хранения или конверсии в будущем. Мы планируем проверить осуществимость применения СПХ для таких приложений.

Наконец, продемонстрированная на полигоне в Неваде и на заводе "Пантекс" КССП была изготовлена в виде, применимом на американских ядерных предприятиях. В России расстояния, сами установки и окружение могут быть значительно другими. До того, как про-

²⁹ Смотрите предыдущую статью Р.Джонстона в данном выпуске журнала.

³⁰ R.G. Johnston and A.R.E. Garcia, "Vulnerability Assessment of Security Seals", *Journal of Security Administration* 20 (1997): 15 – 23, available at <http://lib-www.lanl.gov/la-pubs/00418796.pdf>; R.G. Johnston, "The Real Deal on Seals", *Security Management* 43 (1997): 93-100, available at <http://lib-www.lanl.gov/la-pubs/00418795.pdf>; C.A. Sastre, "The Use of Seals as a Safeguard Tool", *Report BNL 13480* (Upton, New York; Brookhaven National Laboratory, 1969); J.L. Jones, "Improving Tag/Seal Technologies: The Vulnerability Assessment Component", *Report 95/00599*, (Idaho Falls, Idaho National Engineering Laboratory, 1996).

вести полную оценку КССП и СПХ, необходимо испытать их в условиях, более реальных для российских предприятий.

Благодарности

Эта статья была подготовлена под покровительством Министерства энергетики США. Изложенные здесь взгляды принадлежат авторам и не обязательно отражают официальную позицию ЛАНЛ или МЭ. В работу внесли значительный вклад Кирсти Эдер, Энтони Гарсиа, Рон Мартинец, Роджер Лэндри, Дуг Брубейкер, Кен Бродер, Грег Титус, Роджер Осантовский, Стив Феллоус, Шэрон Зайтс, Кэролайн Бойл, Черил Амманн, Конни Бьюнаф, Дженни Энтер, Эрик Бака и Джерри Энсел. С благодарностью отмечаем обширную и важную поддержку со стороны сотрудников завода "Пантекс" и испытательной установки на полигоне в Неваде.

Приложение А Использованные сокращения

ВКШ – Вспомогательная клавиатура для шифровки, находится в ноутбуке СПХ.

ДЖК – Дисплей на жидких кристаллах.

ИК – Инфракрасный.

КПС – Комплексный пункт слежения, располагаемый у входа в отсеки и секции для демонтажа. Содержит видеокамеры и считыватели ик-меток.

КССП – Комплексная система слежения за предприятием, обеспечивающее слежение за процессом демонтажа. Содержит четыре подсистемы: ЦНП, КУОП, ПВ и КПС.

КУОП – Комплексное устройство для обнаружения подделок, закрепляемое на контейнере с оружием или компонентами для наблюдения за пломбой.

ЛАНЛ – Лос Аламосская национальная лаборатория.

МАГТАГ – Покрывало (магнитная метка), накидываемое на находящийся под наблюдением контейнер. Содержит пассивную радиометку и случайно ориентированные редкоземельные магниты.

МЭ – Министерство энергетики США.

ПВ – Подвижная видеокамера, обеспечивающая наблюдение крупным планом за установкой и удалением КУОП.

СПХ – Система прозрачности хранилища, предназначенная для слежения за хранением ядерного оружия

ЦНП – Центральный наблюдательный пункт, где в основном находятся иностранные инспекторы.

Приложение Б

Сокращенная последовательность этапов операций при использовании КССП

1. Каждый модуль КПС, находящийся вне отсека или секции для демонтажа, включается принимающей стороной и начинает посылать в реальном времени видеоизображения входа в отсек или секцию. Модули КПС работают непрерывно до этапа 17, который обычно наступает через несколько дней или несколько недель.

2. Инспекторы проводятся на предприятие по демонтажу для просмотра отсеков и секций, которые будут использованы для демонтажа, контролируемого согласно договору. Они проверяют отсутствие незаявленных входов (люков) и могут применить оборудование для радиационного детектирования, чтобы проверить наличие незаявленных ядерных материалов внутри отсека или секции.

3. Устанавливается подлинность ядерного оружия внутри контейнера при помощи радиационных датчиков. (Эта процедура не входит в протокол КССП.) Оружие теперь официально вводится в процесс демонтажа. Передача ответственности к КССП может произойти до или после установления подлинности.

4. ПВ подкатывается к контейнеру с оружием, чтобы увидеть крупным планом процесс установки КУОП. Под наблюдением видеокамеры ПВ и видеокамер на соответствующем модуле КПС происходит установка КУОП с использованием конкретной ик-метки и пломбы,

выбранных инспекторами согласно протоколу "выбрать или сохранить". (Инспекторы могут иметь метки и пломбы, проверенные ранее при близком осмотре персоналом принимающего предприятия и поставленные принимающим предприятием.) Инспекторы могут наложить вето на конкретную процедуру установления КУОП (тогда она повторяется), если им не понравится то, что они увидели.

5. После установки КУОП включаются его видеокамера и видеопередатчик. Они обеспечивают видеосигнал в реальном времени (независимо от того, передвигается контейнер или находится в покое), показывающий метку и пломбу на контейнере, а также небольшую часть контейнера.

6. Контейнер с оружием перевозится теперь к первому отсеку или секции для демонтажа с помощью погрузчика (Видеопередача от КУОП продолжается при перевозке.) Контейнер должен прибыть к предварительно заявленному отсеку или секции в установленные сроки, иначе экспертная система КССП на ЦНП предупредит инспекторов. Видеоизображение, передаваемое от КУОП, не должно заметно измениться в процессе перевозки (как могло бы быть в результате подделки), иначе матобеспечение на ЦНП обнаружит изменения видеокартинки.

7. Используется модуль КПС у первого отсека или секции для обнаружения подхода контейнера с помощью телеканала, где наблюдается изменение видеокартинки от модуля КПС, и ик-приемника, наблюдающего ик-метку и сообщаящего его порядковый номер.

8. ПВ и видеокамера КПС используются для наблюдения за снятием КУОП. Пломба снимается, но ик-метка может использоваться повторно. Инспекторы могут затребовать передачу им использованных компонентов КУОП.

9. Инспекторы могут запросить проведение процедур реального или локального подтверждения в любое время в течение этапов 4-8 (вплоть до максимального числа запросов, разрешаемого договором).

10. Контейнер вводится в отсек или секцию для демонтажа и за ним закрываются двери. В течение процесса демонтажа не ведется видеопередачи.

11. После установленного срока открываются входные двери отсека или секции. Оттуда выводятся один или больше контейнеров. Принимающий персонал уточняет, в каком из них находятся заявленные и ограничиваемые договором элементы, а в каких – другие компоненты. Инспекторы могут затребовать инспекцию по требованию (в пределах разрешенного числа инспекций такого типа) для проверки радиационных характеристик других контейнеров.

12. Модуль КПС и ПВ наблюдают за установкой КУОП на контейнер (или контейнеры), которые, как заявлено, содержат ограничиваемые договором элементы. (КССП может временно наблюдать за передвижениями нескольких контейнеров.)

13. Контейнеры с установленными на них приборами КУОП, передвигаются к следующему отсеку или секции для последующей операции. Они должны снова прибыть на место в установленные сроки, иначе экспертная система КССП подаст звуковые сигналы о тревоге на ЦНП.

14. Этапы 8-13 повторяются при необходимости для завершения процесса демонтажа одной боеголовки. Они могут включать в себя несколько остановок в различных отсеках или секциях для демонтажа.

15. В конечном итоге КССП передает ответственность за контейнер с ядерным оружием системе наблюдения за временным или длительным хранением, например, системе СПХ.

16. Когда проведен демонтаж некоторого количества боеголовок, достаточного для текущей фазы процесса демонтажа, инспекторы снова допускаются на установку для окончательной проверки отсеков и секций для демонтажа, аналогичной первоначальной проверке на втором этапе.

17. Теперь система КССП может быть отключена до того времени, на которое запланированы очередные операции по демонтажу в рамках СНВ-III. Пока что отсеки и секции для демонтажа могут быть использованы для национальной деятельности по обслуживанию арсенала, не охватываемой договором.

Приложение В
Сокращенная последовательность
этапов операций при использовании СПХ

1. В сопровождении персонала инспекторы проводят начальную проверку помещения для хранения, проверяя наличие незаявленных дверей (люков) и незаявленных ядерных материалов.
2. В соответствии с протоколом "выбрать или сохранить" инспекторы произвольно отбирают, какие из представленных принимающей стороной модулей, компонентов и компьютеров-ноутбуков СПХ будут использованы, а какие они могут взять для анализа.
3. Персонал принимающего предприятия устанавливает выбранные модули, компоненты и ноутбук СПХ внутри хранилища, только что просмотренного инспекторами.
4. Под наблюдением принимающего персонала инспекторы вставляют приставку с ВКШ в ноутбук СПХ.
5. Контейнеры с оружием вдвигаются в помещение хранилища, причем с точки зрения прозрачности идеальным было бы присутствие инспекторов при этой процедуре.
6. До и после закрытия хранилища инспекторы могут провести испытания реального подтверждения, например, путем перемещения вокруг помещения (но вне его) постоянных магнитов.
7. Когда хранилище снова открывается либо потому, что это запланировано, либо по той причине, что СПХ указала на наличие значительного числа несанкционированных событий, инспекторам разрешается немедленно взять себе ноутбук. Они могут затем просмотреть события, сохраненные в компьютере, возможно, совместно с персоналом установки. Инспекторам разрешено держать у себя компьютер для последующего анализа. Если они не пожелают этого сделать, может быть снова немедленно введена в действие работавшая система СПХ или же установлена дублирующая система СПХ.