

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ЗАПУСКОВ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ С ЯДЕРНЫМИ БОЕГОЛОВКАМИ УНИЧТОЖЕНИЕМ ПОСЛЕ ЗАПУСКА

Шерман Франкель

Организация управления баллистическими ракетами с ядерными боеголовками после запуска, позволяющего уничтожать ракеты в полете в случае случайного или несанкционированного запуска, обеспечит дополнительный уровень безопасности управления ядерным оружием. Система управления после запуска должна быть сделана безопасной от попыток другой стороны использовать эту систему для уничтожения запущенных ракет, пуск которых был санкционирован.

Автор работает на физическом факультете Пенсильванского университета в г. Филадельфии (PA 19104).

Несмотря на то, что и Соединенные Штаты, и Советский Союз всегда были обеспокоены возможностью случайных или несанкционированных запусков, история внедрения новых технологических достижений учит нас, что улучшение технических характеристик всегда обгоняло повышение безопасности (подтверждение этому можно найти на ранних стадиях развития паровых машин, автомобилей, самолетов, химических предприятий, лекарств и даже ядерных энергетических установок). На примере ядерного оружия можно видеть, что в Соединенных Штатах кодовые блокирующие устройства были установлены на ядерных боеприпасах только в шестидесятых годах, когда численность американского ядерного арсенала достигла 20 тысяч единиц. Эти устройства (известные под названием PAL, или "permissive action links") предназначались для разделения функций хранения ядерного оружия и его использования.¹ В устройствах PAL применена электронная блокировка, и для разблокировки оружия надо иметь доступ к строго охраняемым кодам. И даже сейчас, через тридцать лет после начала использования блокирующих устройств, они все еще не установлены на тысячах ядерных боеприпасов, развернутых на американских военных кораблях. В этом случае на предпусковых операциях мы полностью зависим от "человеческого фактора".

Если мы вернемся мысленно к периоду холодной войны, то многие из нас придут к выводу, что в это время вероятности санкционированного и несанкционированного

запуска были примерно одинаковы. Поэтому финансовые и интеллектуальные усилия, направленные на предотвращение последствий случайного или несанкционированного запуска, были намного меньше, чем усилия, направленные на обеспечение успеха санкционированного запуска. Даже сейчас, когда вероятность санкционированного запуска значительно уменьшилась, проблеме управления баллистическими и крылатыми ракетами с ядерными боеголовками после их запуска (PLC или "post launch control") уделяется сравнительно небольшое внимание.

Разумеется, в ядерном боеприпасе предусмотрено большое разнообразие предохранительных устройств. Некоторые из них предназначены для повышения безопасности при нештатных ситуациях (например, для предотвращения ядерного взрыва при пожаре или при ударе). Другие устройства устанавливаются для компенсации возможных ошибок. Например, сигнал детонации ядерного боеприпаса на находящейся в шахте современной межконтинентальной баллистической ракете воспринят не будет, потому что некоторые из блокирующих устройств срабатывают только в полете.

Тем не менее, офицер безопасности на ракетном полнгоме может прервать испытательный полет ракеты или даже полет космического корабля "Space Shuttle", нажав кнопку уничтожения², но ракеты с ядерными боеголовками уничтожить на расстоянии невозможно.

ИСТОРИЯ

Как ни странно, но между Советским Союзом и Соединенными Штатами уже существует соглашение, определяющее их действия при случайном или несанкционированном запуске системы ядерного оружия (это соглашение известно как Соглашение об авариях 1971 года).³

Статья 2 этого соглашения гласит: "Стороны обязуются предупреждать другую сторону сразу же после случайного, несанкционированного или любого другого непонятного инцидента, включающего возможность детонации ядерного боеприпаса, который может привести к риску возникновения ядерной войны."⁴ и далее: "В случае возникновения такого инцидента, сторона, имеющая отношение к этому ядерному боеприпасу, непосредственно предпримет все усилия для принятия необходимых мер для обезвреживания или уничтожения этого боеприпаса без нанесения ущерба".

Второе предложение этой статьи примечательно тем, что в течение двух десятилетий после заключения соглашения в Соединенных Штатах не имелось технических и организационных возможностей нейтрализации несанкционированного запуска ракеты с ядерной боеголовкой (ее уничтожения или отклонения от заданной траектории). Таких возможностей не имеется и в настоящее время. Джерард Смит, руководитель американской делегации на переговорах по соглашению 1971 года, заметил в 1980 году, что это соглашение "устанавливает международные обязательства приложения всех возможных усилий по предотвращению случайного возникновения ядерной войны".⁵

Более того, образованная в соответствии со статьей 7, определяющей порядок выполнения и дополнения соглашения, постоянная консультативная комиссия не предпринимала никаких усилий по изменению формулировки статьи 2 для уточнения ее назначения.

Большинство американских участников переговоров по контролю над вооружениями и ученых, исследующих эти проблемы, не обращало особого внимания на требования статьи 2 соглашения 1971 года: эта статья не упоминалась ни в обзоре Американского агентства по контролю над вооружениями и разоружению,⁶ в котором рассматривались особенности заключенных договоров, ни в статьях и монографиях по соглашениям по контролю над вооружениями.⁷ Поиск в архивах BBC США и подрядчиков Министерства обороны (в том числе, в архивах фирм "Aerospace", RAND и TRW), и интервью с мене-

джерами программ в Пентагоне, Институте оборонного анализа и корпорации "Mitre", не позволили обнаружить результатов каких-либо официальных исследований систем управления после запуска. Обсуждения с высокопоставленными членами предыдущих администраций, которые могли бы иметь доступ к такого рода исследованиям,⁸ тоже не принесли какой-либо дополнительной информации.

СИСТЕМА РАЗРУШЕНИЯ ПОСЛЕ ЗАПУСКА

По аналогии с устройствами PAL ("permissive action links") мы назовем устройства управления после запуска системами DAL ("destructive action links"). Они назывались также системами "разрушения после запуска" или "разрушения по команде".⁹ Центр, в котором принимаются решения о разрушении после запуска, в дальнейшем будет называться DALCC (DAL Control Center).

Система для дистанционной нейтрализации несанкционированного запуска должна включать в себя технические средства и процедуры для: а) обнаружения несанкционированных запусков, б) передачи информации в соответствующий центр управления, в) принятия решения о прекращении полета, г) передачи соответствующей команды разрушения на летящую ракету и д) предоставления информации в реальном масштабе времени тем странам, которые могут быть затронуты последствиями этого события.

Обнаружение запуска. Для того, чтобы нейтрализовать несанкционированный запуск, страна должна иметь возможность надежного и своевременного оповещения о всех своих запусках. В настоящее время способность раннего обнаружения не является полной, но технических проблем, препятствующих достижению нужной степени надежности раннего предупреждения, не имеется.

МБР. Запуск межконтинентальных баллистических ракет может быть обнаружен радиолокатором специального центра наблюдений на территории страны, расположенного в (или вблизи) района базирования МБР, датчиками вблизи отдельных шахт или специальными электронными устройствами центра управления запусками. Информация об обнаружении запусков может быть непосредственно передана в местный центр управления DAL или в другие центры DALCC на верхних уровнях управления. Независимую информацию могут дать спутники раннего предупреждения, регистрирующие инфракрасное излучение факелов ракетных двигателей, аналогичные тем, которые ис-

пользуются в США для непрерывного обнаружения советских запусков.¹⁰ Американские спутники раннего предупреждения уже расположены таким образом, что они могут регистрировать не только советские, но и американские запуски.¹¹

БРПЛ. Запуски баллистических ракет морского базирования также могут быть обнаружены детекторами инфракрасного излучения на спутниках или радиолокаторами, размещенными на других военных кораблях.

Крылатые ракеты. Крылатые ракеты не могут быть обнаружены со спутников по их инфракрасному излучению, поскольку оно является слишком слабым. Одним из способов решения проблемы, предупреждения может быть применение небольшого радиопередатчика, оповещающего о запуске крылатой ракеты с ядерной боеголовкой передачей сигнала через спутник-ретранслятор. Время полета крылатой ракеты велико (несколько часов) и поэтому сигнал может быть задержан с тем, чтобы не раскрывать места запуска крылатой ракеты.

Реакция на несанкционированный запуск. Ответственность за санкционирование запусков ядерного оружия в Соединенных Штатах лежит на Президенте и Национальном командовании (NCA). Очевидно, что решение о нейтрализации несанкционированного запуска могут принять только те, кто имеет право принять решение о запуске. Поэтому на уровне NCA оба эти решения будут приниматься одними и теми же лицами.

Управление после запуска должно быть тесно связано с оперативными методами распространения ответственности во время кризиса, которые являются строго засекреченными. Тем не менее, общая структура передачи ответственности как по запуску, так и по уничтожению должна подчиняться одним и тем же правилам:

а) оперативные функции по запуску и по уничтожению должны быть разделены на любом уровне командования, который не имеет права принятия решения о запуске,

б) если право решения о запуске законно передается на низший уровень командования, то на тот же уровень должно передаваться и право решения об уничтожении.

Кроме того, развертывание системы DAL должно быть тесно и продуманно увязано с существующей оперативной системой.

Передача сигнала об уничтожении. Для дистанционного разрушения ракеты в полете надо передать на нее кодированную команду разрушения, которую мы впоследствии будем называть кодом DAL. Из-за

кривизны земной поверхности и необходимости использования высокочастотной связи эта команда должна передаваться из центра DALCC на ракету через ретрансляторы, установленные на спутниках (в некоторых случаях, которые будут обсуждаться ниже, полет ракеты может быть прерван на активном участке, когда можно будет использовать прямую связь через наземные передатчики). Однако, большая часть несанкционированно запущенных ракет или отделившихся от них ядерных боеголовок должна будет уничтожаться в космосе, далеко от места запуска, но до входа в атмосферу. В области апогея траектории головные части, несущие ядерные боеголовки, должны будут уничтожаться по командам, транслируемым через геостационарные спутники. Два или три таких спутника, расположенных соответствующим образом (аналогично спутникам раннего обнаружения, размещенным над Атлантическим, Индийским и Тихим океанами), будут перекрывать большую часть всех возможных траекторий.¹² Не исключено, что понадобятся и спутники, выведенные на полярные орбиты небольшой высоты.

Нетрудно рассчитать мощность передатчика на геостационарном спутнике, необходимую для передачи сигнала на антенну, расположенную на головной части.¹³ Для того, чтобы обеспечить более или менее равномерную освещенность всей поверхности Земли (с неоднородностью, меньшей чем в два раза) в диапазоне S (длина волны около 10 см), на спутнике потребуются установить одиночную антенну диаметром не более 40 см. Мы предполагаем, что коэффициент усиления приемной антенны на головной части будет равен единице, что обеспечит одинаковый прием сигнала со всех направлений. Мы предполагаем также, что шумовая температура приемника равна 300 К (хотя в продаже имеются приемные устройства сантиметрового диапазона с меньшей шумовой температурой). Нам нужно зафиксировать только одну оставшуюся величину - ширину диапазона. Она будет зависеть от длины и количества сообщений. Для получения верхнего предела мощности передатчика мы предположим, что нам потребуется передать 50 отдельных сообщений, каждое из которых будет повторено 6 раз, и промежуток времени между сообщениями будет в 10 раз больше длительности каждого из них. Информативность каждого сообщения будет равна 32 битам и предполагая, что время, выделенное на передачу всей последовательности, будет равно 10 минутам, мы получим, что требуемая скорость передачи составит 160 бит в секунду. При оценке мощности мы будем брать запас в 10 раз на

потери в передатчике и других элементах канала связи.

Согласно этим предположениям, требуемая пиковая мощность передатчика не превысит 12 ватт. Эта оценка является консервативной, потому что эта мощность может быть разделена между несколькими спутниками, расположенными на разных высотах. Передатчики на низких полярных орбитах будут расположены ближе к приемникам сигналов и поэтому могут иметь меньшую мощность (см. Приложение 1).¹⁴

Можно сделать вывод, что требования к приемным устройствам и к передатчикам являются вполне обычными. Основная стоимость работ будет связана с выводом спутников-ретрансляторов и модификацией головных частей (установкой на них антенн и приемников).

Метод разрушения. Для предотвращения ущерба от несанкционированного запуска надо сформировать сигнал, обезвреживающий ядерное устройство в полете. Такой способ будет самым дешевым и технически простым. Однако, его нельзя считать достаточным. Для управления кризисной ситуацией после несанкционированного запуска и предотвращения ответного запуска по оповещению противная сторона должна быть убеждена в том, что и ракета, и боеголовка уничтожены.

Баллистические ракеты. При нейтрализации несанкционированного запуска в зависимости от длительности отклика системы уничтожения может разрушаться ракета-носитель, блок разведения головных частей или головные части. Если длительность отклика системы с момента запуска до обнаружения и принятия решения невелика, то ракета может быть разрушена на активном участке. Требуемые устройства уничтожения устанавливаются на ракетах при испытательных запусках, и, кроме того, в этом случае не понадобятся спутниковые ретрансляторы. Для уничтожения ракеты могут быть использованы обычные взрывчатые вещества. Ракеты не улетят далеко от места запуска и не появятся на экранах радиолокаторов противника, хотя их запуск и может быть обнаружен спутниковыми системами наблюдений в инфракрасном диапазоне.

Тем не менее, уповать на только один этот метод опасно, потому что на обнаружение удаленного запуска, оценку его санкционированности и на выполнение приказа об уничтожении может потребоваться значительное время, которое может оказаться существенно большим длительности активного участка.

Разрушение носителя ядерного оружия на баллистическом участке траектории,

высоко над землей, позволит иметь достаточное время для принятия решения и уменьшить ущерб от разрушения носителя и боеголовки на земной поверхности. В этом случае сторона, которой угрожает запуск, должна быть информирована заранее, потому что ракета может появиться на экранах ее радиолокаторов. Эта сторона должна быть оповещена о времени и месте запуска и о траектории ракеты для того, чтобы она могла наблюдать акт уничтожения носителя ядерного оружия. Боеголовка может быть уничтожена при помощи обычного или ядерного взрыва.

Обычный взрыв. В этом случае потребуется установка на боеголовке заряда обычного взрывчатого вещества достаточно мощного для того, чтобы предотвратить детонацию ядерного заряда и обеспечить видимые проявления, которые могут быть обнаружены радиолокаторами другой стороны. Добавление подрывного устройства не потребует сильного увеличения массы боеголовки. Более того, для подрыва можно использовать уже имеющийся на ядерном боеприпасе имплозивный заряд. Однако, недостатком обычного взрыва является то, что он в принципе может быть проведен таким образом, чтобы создать впечатление разрушения боеголовки, но на самом деле ни повредить ядерного боеприпаса, ни изменить ее траекторию.

Ядерный взрыв. Доказательством разрушения ядерного оружия может служить наблюдение рентгеновского излучения с точки расположения боеголовки. Для уменьшения побочного воздействия взрыв должен проводиться в высшей точке траектории с минимальной мощностью. Уменьшение мощности взрыва может быть достигнуто понижением эффективности детонации первичного компонента, что, в свою очередь, предотвратит детонацию вторичного. Технически этот эффект может быть достигнут нарушением последовательности детонации, которая приведет к малоэффективной "имплозии" заряда обычного взрывчатого вещества. Другим способом может стать перекрытие клапана напуска трития в первичный компонент ядерного устройства.

Детекторы рентгеновского излучения на геостационарных спутниках или на других космических аппаратах могут подтвердить детонацию ядерного устройства даже при очень малых мощностях ядерного взрыва.

Крылатые ракеты. Метод уничтожения крылатых ракет будет заметно отличаться от метода уничтожения баллистических ракет. Установленные на крылатых ракетах микропроцессоры управляют поле-

том ракеты при помощи инерциальной системы наведения или отслеживающего профиль местности радиолокатора. Приказ об уничтожении может быть преобразован в управляющем микропроцессоре для разоружения ядерного боеприпаса, для изменения курса с направлением ракеты в ненаселенную область (например, в Арктике или над океаном), для подъема на большую высоту, где она легче наблюдается или для использования встроенного альтиметра или дополнительного радиопередатчика как радиомаяка для оповещения об изменении курса. Кроме того, сообщение об уничтожении может инициировать взрыв обычного взрывчатого вещества или прекращение полета крылатой ракеты.

Изменения в конструкции крылатой ракеты, необходимые для установки систем дистанционного уничтожения, лишь незначительно уменьшат ее дальность и будут значительно меньшими по сравнению с теми, которые потребуются для ядерных боеголовок баллистических ракет.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ: КРИПТОГРАФИЯ И ШПИОНАЖ

Теперь мы перейдем к проблемам безопасности, которые естественным образом возникают при обсуждении вопроса управления средствами доставки ядерного оружия после запуска. Сможет ли противник раскрыть код DAL и использовать его для прекращения полета при санкционированном запуске?

Следует учитывать, что сообщение, несущее информацию (например, закодированное сообщение "уничтожить ракету") существенно отличается от заранее согласованного принимающим и передающим устройствами случайного числа, эквивалентного сообщению "уничтожить ракету". Если сообщение "уничтожить ракету" будет расшифровано перед передачей по незащищенной линии связи, то криптоаналитик сможет использовать перехваченное расшифрованное сообщение для раскрытия кода. Противник сможет впоследствии использовать полученную информацию для распознавания слов в будущих зашифрованных сообщениях. Однако, противник, перехвативший случайное число, ничего не сможет узнать о тех случайных числах, которые будут посланы в будущем.¹⁵ Код DAL является просто случайным числом, которое должно совпадать с хранящимся внутри ракеты таким же случайным числом.

Система DAL должна быть построена таким образом, чтобы предотвратить получение противником кода DAL в то время,

когда потребуется нейтрализовать санкционированный запуск. Кроме того, поскольку коды DAL должны периодически изменяться для того, чтобы уменьшить возможность шпионажа, следует предусмотреть средства, при помощи которых новые коды DAL должны передаваться на средства доставки и на удаленные центры управления (см. Приложение 2).

Раскрытие кода DAL. Причина, по которой кодовые замки банковских сейфов могут быть сделаны безопасными от раскрытия комбинации методом "проб и ошибок", проста: для случайного поиска комбинации нехватит времени. При надлежащем применении это свойство может быть использовано и для предотвращения попыток противника запустить механизм дистанционного уничтожения.

Предположим, что система оружия имеет кодовый "замок", или переключатель, который управляется комбинацией, представляющей собой двоичное число (например, строку из 32 нулей или единиц, т.е. битов), которую мы будем называть кодом DAL. Переключатель может быть замкнут, а устройство уничтожения запущено, если в него будет введен заданный распознаваемый код DAL.

Существует более четырех миллиардов различных двоичных чисел длиной в 32 бита. Хотя для современного компьютера не представляет особой проблемы передать все эти числа всего за несколько секунд и найти число, совпадающее с кодом DAL, это не составляет особых проблем для обеспечения безопасности. Разработчик системы DAL может устроить ее таким образом, чтобы она воспринимала сигнал только в течение промежутка времени, очень короткого по сравнению с продолжительностью полета ракеты. Предположим, что система сконструирована так, чтобы принимать сигнал только в течение времени, достаточного для гарантированного отсутствия ошибок (что является естественным требованием для надежной системы). Если допускается только n попыток, то вероятность раскрытия кода при N попытках равна n/N . В нашем случае 32-битовых комбинаций вероятность случайного раскрытия кода противником будет намного меньше одного миллиона, даже если будет разрешено 100 попыток. Поэтому можно сделать вывод, что вероятность раскрытия кода DAL пренебрежимо мала.

Перехват кода DAL. Возможность перехвата кода DAL вызывает определенные опасения, поскольку центр управления время от времени связывается с пусковыми установками ракет для периодической провер-

ки устройств DAL и для плановых изменений кодов с целью предотвращения шпионажа.

Коды можно менять, генерируя новое случайное число на самой ракете, которое будет после замены использоваться вместо старого. Новое значение кода должно быть безопасно передано на центры управления DALCC. Для того, чтобы защитить код DAL от перехвата на линии связи, его можно зашифровать при помощи случайного ключа, и зашифрованное значение не будет иметь для перехватившего его противника никакого смысла. Ключи могут располагаться как на ракете, так и в центре управления.¹⁶ Очевидно, что процедура может быть обращена и новые коды могут генерироваться не на ракете, а в центре управления DALCC.

Протоколы кодов DAL. В обеспечение безопасности вносят вклад не только криптографические характеристики кодов DAL, но и протокол сообщений.

Свойства протокола могут быть пояснены следующими примерами:

1.) В какой момент и на какое время цепи устройства DAL будут открыты для приема сигнала?

2.) Какова длительность сообщения? Будут ли в нем свободные биты и какую дополнительную полезную информацию будет нести это сообщение?

3.) На какой частоте будет передаваться сигнал наземного передатчика и на какой частоте будет работать спутниковый ретранслятор?

Поскольку вся эта информация необходима для противника и все ее параметры могут периодически изменяться, эти обстоятельства могут быть использованы для заметного повышения безопасности системы без ее существенного усложнения.

Шпионаж. Один из источников риска для шпионажа связан с расположенными вблизи района развертывания ракет центрами управления DALCC. Тем не менее, следует учесть, что районы развертывания являются строго охраняемыми военными объектами, на которых уже приняты меры против шпионажа с кодами запуска и сообщениями действий по тревоге. Кроме того, в каждом районе развертывания сосредоточена сравнительно небольшая часть ядерного арсенала и даже успех шпионажа в каждом отдельном случае не затронет основную часть ядерных сил возмездия.

Другая опасность связана со шпионажем на верхних уровнях командования. Несмотря на то, что Национальный центр военного командования защищен от шпионажа лучше, чем район развертывания ракет, на более высших уровнях командования коли-

чество кодов DAL, сосредоточенных в одном месте, намного больше. Такая централизация информации приводит к повышенному риску для большей части ядерного арсенала. Напомним, что Президент США постоянно имеет доступ (через сопровождающего его офицера) к кодам запуска стратегического ядерного оружия. Поскольку Президент является главным лицом, ответственным за принятие решения, коды не могут храниться в безопасном удаленном месте даже для защиты от шпионажа: Президент не может быть отделен от кодов разрешения запуска любой линией связи, которая может подвергаться риску нарушения или уничтожения.

Роль кодов DAL несколько иная. Если код DAL используется для нейтрализации случайного запуска, то вполне вероятно, что в это время полномасштабной атаки противника не будет и линии связи останутся целыми, так что связаться с Президентом или его советниками будет проще. При нейтрализации несанкционированного запуска вероятность нарушения некоторых линий связи увеличивается. Тем не менее, при разделении кодов на группы, хранении их в нескольких защищенных местах и использовании наиболее защищенных линий связи вероятность потери возможности связи с Президентом может быть сделана очень малой. Кроме того, система отдельных центров хранения, каждый из которых контролирует только одну группу кодов, очень сильно затруднит противнику получить доступ к количеству кодов, достаточному для разоружения нападающей стороны.

Безопасность может быть еще более повышена, если применять "расщепленные" коды, отдельные части которых хранятся в двух или более центрах управления DALCC, так что для создания полного кода нужно привлечь несколько центров управления. Другой путь заключается в передаче составляющих кода на ракету по разным линиям связи. Надежность "расщепленных" кодов может быть повышена, если для воссоздания полного кода DAL потребуются все n из m отдельных частей.

Борьба с шпионажем. Общих принципов, позволяющих гарантировать сведение вероятности шпионажа к нулю, не существует. Тем не менее, как отметил МакДжордж Банди, "Президент желает, чтобы ему сказали, что риска нет."¹⁷ Для того, чтобы обеспечить возможность для подобной уверенности, нужно, чтобы система DAL в мирное время, во время кризиса и в военное время играла различные роли. В мирное время устройства DAL должны быть включены и готовы реагировать на сообщение об уничтоже-

нии. По-видимому, то же самое должно быть и во время кризиса, когда вероятность несанкционированных запусков повышается. Однако, в случае принятия определенного решения о запуске должна существовать возможность отключения устройств DAL после приема специального "кода отключения". Этот код должен отключать устройство, или блокировать прием кода DAL. Повторного включения устройства можно не предусматривать. В этом случае возможность уничтожения ядерных устройств противником, получившим доступ к кодам DAL, исключается простым отключением этих устройств.

После того как центр управления DALCC узнает о санкционированном запуске ракеты (если он не был "запуском по оповещению", см. ниже), он сможет выбрать между решениями о передаче кода DAL или кода отключения устройства. Он может сделать это даже до приема сообщения об экстренных действиях (сообщения EAM), если принятие решения об атаке неизбежно. Наличие возможности отключения устройств DAL усложнит оперативные инструкции, но оно обеспечит дополнительную степень уверенности в том, что противник не сможет уничтожить санкционированно примененное оружие. Эта особенность является важной составляющей системы DAL.

Поскольку код отключения устройства может понадобиться только при серьезном опасении в безопасности кодов DAL, этот код может храниться на верхнем уровне командования даже в том случае, если коды запуска будут делегированы нижним уровням. В этом случае центр управления DAL сможет уничтожить оружие, примененное по ошибке на нижнем уровне командования.

Таким образом, не имеется каких-либо научных, криптографических или логических оснований для противоречий между управлением ядерным оружием после запуска и проблемами национальной безопасности. Маловероятная возможность доступа противника к части кодов уничтожения может быть обезврежена наличием системы отключения устройств уничтожения при принятии решения о начале ядерной войны.

ПРОЧИЕ ПРОБЛЕМЫ

PAL и/или DAL. По крайней мере два бывших министра обороны, Гарольд Браун и Роберт Макнамара, выступали за установку кодовых устройств PAL на ядерном оружии морского базирования. По-видимому, для решения этого вопроса необходимо политическое решение Президента. Тем не менее, создание системы DAL позволит по-новому

подойти к решению этой проблемы. Прежде всего, установка системы DAL никак не влияет на действия командира корабля. После того, как его система оружия запущена, его ответственность заканчивается. Мы обнаружили, что отставные командиры кораблей откровенно враждебны к системам PAL и считают неудобными устройства DAL (в основном потому, что они могут усложнить системы оружия и уменьшить их надежность), но при выборе между двумя системами они в целом отдают предпочтение устройствам DAL. Запрет командиру использовать находящееся в его распоряжении оружие и последующее исправление его действий - это две разные вещи. Так что установка устройств DAL способна добиться тех же целей, что и установка систем PAL на тех видах оружия, где их сейчас нет, не вызывая при этом дополнительных эмоций, которые сопровождали попытки введения систем PAL. В любом случае, серьезное публичное обсуждение значения развертывания системы уничтожения после запуска должно возродить пока прекратившиеся обсуждения установки кодовых устройств PAL на ядерном оружии морского базирования (конечно, установка систем PAL обойдется намного дешевле, чем создание системы DAL). Даже в тех случаях, когда устройства PAL уже установлены, система DAL обеспечит дополнительный уровень безопасности.

Запуск по оповещению.¹⁸ Обычно считают, что и Советский Союз, и Соединенные Штаты имеют оперативную возможность нанести ответный удар до того момента, как ядерные боеголовки противника достигнут своих целей.

Защитники запуска по оповещению считают, что эта мера является средством сдерживания первого удара и предотвращает нападение на расположенные в шахтах межконтинентальные баллистические ракеты с разделяющимися боеголовками. Оппоненты опасаются, что ошибки и неверное восприятие действий противника во время кризиса могут привести к ядерному удару, основанному на ложной информации об атаке, инициируя неспровоцированную ядерную войну.

Слабость аргументов в пользу запуска по оповещению связана с тем, что эта концепция базируется на предположении о том, что эта позиция может сдерживать противника. Главная причина сомнений в эффективности схемы запуска по оповещению заключается в том, что время, имеющееся у командования для принятия решений, очень мало. К тому времени, как информация будет собрана, передана и преобразована к виду, доступному для командования, для

принятия столь важного решения останется всего несколько минут. Поэтому противник может считать, что запуск по оповещению никогда не будет применяться и не сможет быть средством предотвращения первого удара. Однако, применение системы DAL позволит изменить это уравнение, поскольку оно предоставит командованию дополнительный интервал времени примерно в 20 минут (длительность полета ракеты) для уточнения своих решений. В этой ситуации перевод части ядерных баллистических ракет на систему запуска по оповещению позволит повысить эффективность ядерного сдерживания.

С другой стороны, можно опасаться того, что руководство СССР или США могут попытаться использовать возможность прерывания полета ядерных ракет для той или иной разновидности "ядерного шантажа", что, однако, противоречит историческому опыту сорокалетнего периода существования ядерного оружия¹⁹. Независимо от того, будет ли принята стратегия запуска по оповещению, или нет, установка систем DAL заметно изменит аргументацию по ее обоснованности.

Кооперативные меры. Установка систем DAL может оказаться плодотворной областью сотрудничества между ядерными державами по повышению безопасности ядерного оружия, в особенности из-за того, что каждая из сторон получит преимущество при установке систем DAL на средствах доставки другой стороны.

Ниже перечислены возможные направления сотрудничества:

Совместные технические разработки. Одна из возможных областей сотрудничества включает в себя запуск спутников-ретрансляторов для передачи сигналов прекращения полета ракет. В частности, на спутнике могут быть установлены отдельные блоки с секретными системами каждой стороны. Стоимость создания спутника и его запуска может быть распределена между обеими сторонами.

Управление в кризисной ситуации. Любая система DAL должна базироваться на мгновенном оповещении другой стороны о несанкционированном запуске. Для подтверждения уничтожения было бы желательно передать другой стороне данные о точном времени, положении точки запуска и траектории ракеты. Такие устройства экстренной связи могли бы быть автоматически включены в состав системы DAL.

Международные соглашения. Управление ракетами после их запуска позволяет обратить внимание на проблему ответственности за случайные запуски, поскольку она

предусматривает ответственность запустившей ракету стороны за ликвидацию последствий этого инцидента. Рассмотрение установки системы DAL поможет начать обсуждение экономических и юридических аспектов проблемы несанкционированных запусков.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Исполнительные органы власти СССР и США должны начать параллельное изучение проблемы управления ракетами после запуска на достаточно высоком уровне. С другой стороны, не исключено, что такие работы могли бы проводиться в законодательных органах власти (в комиссиях Сената или палаты представителей по вооруженным силам, и в их советских аналогах). Такие работы не должны проводиться только теми специалистами, которые в настоящее время отвечают за безопасность ядерного оружия; группы исследователей должны включать независимых экспертов, способных проанализировать весь спектр технических, стратегических и политических аспектов этой проблемы.

Еще до завершения этих исследований Государственный департамент США и Министерство иностранных дел СССР должны включить более общую проблему ядерной безопасности в повестку дня переговоров по сокращению вооружений в Женеве. Несмотря на то, что текущие переговоры должны положить начало процессу сокращения ядерных вооружений, на них практически не обсуждается значение проблемы несанкционированного запуска.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор искренне благодарен Б.Дж.Блэйру, Р.Л.Гарвину и Т.Постолу за полезные обсуждения, а также фонду Джона Д. и Кэтрин Т. Макартуров, исследовательскому фонду Пенсильванского университета и фонду Ружены Бэйксн за финансовую поддержку.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТРЕБОВАНИЯ К МОЩНОСТИ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ НА СПУТНИКАХ-РЕТРАНСЛЯТОРАХ

Мощность радиопередатчика, необходимая для надежного приема сигнала прекращения полета приемником на разрушаемой ракете, зависит от расстояния между ракетой и спутником, на котором установлен радиопередатчик. Для оценки верхнего пре-

дела мощности мы предположим, что спутник находится на геостационарной орбите на расстоянии около 42 тысяч километров от центра Земли (это примерно в семь раз меньше расстояния до Луны). Поскольку мощность принимаемого сигнала обратно пропорциональна квадрату расстояния между приемником и передатчиком, эти оценки легко распространить на спутники, находящиеся на других орбитах.

Для надежной регистрации сигнала требуется, чтобы он превосходил уровень шумовых флуктуаций приемника. Мощность шумовых флуктуаций равна $P_n = kT\Delta\nu$, где k - это постоянная Больцмана, равная $1,38 \cdot 10^{-23}$ джоуля на градус Кельвина, T - это эффективная шумовая температура, зависящая, среди прочего, от температуры компонент входного каскада, и $\Delta\nu$ - ширина полосы принимаемого сигнала. Если сигналы передаются в течение длительного времени (например, секунд, а не микросекунд), то можно использовать узкую полосу. Поскольку передаваемые сигналы имеют цифровую природу (представляются в виде последовательности битов), то требуемая ширина полосы будет зависеть от скорости передачи, измеряемой в битах в секунду.

Если передающее устройство концентрирует излучение в узком пучке, направленном на ракету, то необходимая мощность сигнала будет меньше. Способность концентрации пучка характеризуется коэффициентом усиления антенны G . Кроме того, чем больше эффективная площадь приемной антенны на ракете, тем она будет принимать большую часть сигнала, и тем меньше будет требуемая мощность передатчика. Эффективную площадь антенны иногда называют ее "сечением поглощения".

Надежность приема сигнала характеризуется отношением мощности принимаемого сигнала P к мощности флуктуаций шума P_n . Обычно считают, что эта величина должна быть равна 10.

Для расчета требуемой мощности передатчика используются стандартные формулы. Поскольку мы предполагаем, что интенсивность сигнала по поверхности Земли не должна меняться более, чем в два раза, из дифракционных характеристик передающей антенны следует, что

$$\frac{\lambda}{D} = \frac{r}{0,6 R}$$

где r - это радиус Земли, равный 6370 километров, R - расстояние от спутника до центра Земли, D - диаметр параболической антенны на спутнике и λ - длина волны, на

которой передается сигнал. Выражение для коэффициента усиления антенны имеет вид:

$$G = \frac{4\pi\sigma}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} = \frac{0,36\pi^2 R^2}{r^2}$$

Коэффициент усиления антенны в нашем случае определяется отношением расстояния до спутника к размерам Земли и равен 158. Поскольку отношение длины волны к диаметру антенны фиксировано, размеры передающей антенны полностью определяются выбором рабочей длины волны.

Поскольку приемная антенна на ракете не будет ориентирована на передатчик, она должна обеспечивать прием сигнала со всех направлений. Коэффициент усиления такой антенны равен единице. Эффективная площадь антенны в этом случае равна

$$\sigma = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Мощность принимаемого сигнала для оптимально подключенного входного устройства будет равна произведению плотности потока мощности принимаемого сигнала на эффективную площадь антенны.²⁰

Считая, что расстояние от передатчика до ракеты равно R , можно получить, что

$$\frac{P_r}{P_n} = \frac{P_0 G \sigma}{4\pi R^2 k T \Delta\nu}$$

где P_0 - мощность радиопередатчика. Для компенсации неучтенных потерь мы полагаем, что отношение P_r/P_n равно 100.

Мы будем считать, что эффективная шумовая температура равна 300 К (хотя существуют приемные устройства с шумовой температурой, в четыре раза меньшей). Длина волны выбирается равной 10 сантиметрам (довольно обычный диапазон, применявшийся еще в радиолокаторах времен второй мировой войны). Ширина полосы сигнала зависит от количества битов в сообщении, от количества различных сообщений, от количества повторных сообщений (для повышения надежности приема), от длительности передачи сообщений и от интервала времени между сообщениями. Мы предполагаем, что будет передаваться 50 различных сообщений размером по 32 бита каждое, что каждое сообщение будет повторяться 6 раз, что интервал между сообщениями будет в девять раз длиннее времени

передачи одного сообщения, и что общая длительность сеанса связи будет равна 10 минутам. В этом случае ширина полосы сигнала будет равна $\Delta\nu = 50 \cdot 32 \cdot 6 / 60 = 160$ Гц и мощность флуктуаций шума будет равна $P_n = 6,6 \cdot 10^{-19}$ Вт. При этом требуемая мощность передатчика будет равна 12 Вт.

Таким образом, требуемая мощность радиопередатчика на спутнике-ретрансляторе является вполне разумной.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОДЫ И КЛЮЧИ УСТРОЙСТВ DAL

Кодовое слово DAL представляет собой последовательность нулей и единиц (иначе говоря, бит). Проверка идентичности двух кодовых слов проста (если находящиеся на одном и том же месте биты обеих слов одинаковы, то результатом должна быть единица, а если они различны, то результатом будет ноль; такая операция называется операцией "исключительного ИЛИ", или XOR).

Если вводимое кодовое слово совпадает с кодом DAL, то результатом будет последовательность единиц, в которой не должно быть ни одного нуля, что и будет приводить к активации системы DAL. Каждая пара несовпадающих битов будет давать нулевое значение, что указывает на несоответствие. Например:

Код DAL	011010
Код DAL	011010
Результат	111111

Операция XOR может применяться и для другой цели - для передачи кодового слова в зашифрованном виде. В этом случае кодовое слово комбинируется со специальным словом ("ключом"), которое имеется как на центре управления DALCC, так и на пусковой установке. Комбинация кодового слова и ключа может передаваться по незакрытой линии связи, поскольку она не может быть использована для определения кодового слова без самого ключа. Повторная операция XOR над комбинацией кодового слова и ключа восстанавливает исходное кодовое слово. Например:

Код DAL	011010
Ключ DAL	110110
Комбинация	010011
Комбинация	010011
Ключ DAL	110110
Код DAL	011010

Иначе говоря, повторная операция XOR

кодového слова и ключа возвращает исходное кодовое слово.

ССЫЛКИ И ПРИМЕЧАНИЯ

1. История и технология кодовых блокирующих устройств рассматривались в работе Peter Stein, Peter Feaver, Assuring Control of Nuclear Weapons, Boston, University Press of America, 1987.
2. Сразу же после взрыва космического транспортного корабля "Челленджер" (январь 1985 года) офицер безопасности полигона дистанционно уничтожил его твердотопливные ракетные ускорители. Во время третьего испытательного полета ракеты "Трайидент-2" офицер безопасности был очень близок к тому, чтобы уничтожить ее в полете.
3. Agreement on Measures to Reduce the Risk of Outbreak of Nuclear War between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics, 30 September 1971.
4. Оповещение должно производиться по каналу прямой связи между СССР и США ("горячей линии"), модернизация которого предусматривалась соглашением, заключенным в то же самое время.
5. Gerard C. Smith, Doubletalk, New York, Doubleday, 1980, p. 297.
6. Arms Control and Disarmament Agreements, Texts and Histories of Negotiations. Washington, DC, ACDA, 1980.
7. Sam Nunn, Arms Control Today, March 1988, p.6; Henry Kissinger, White House Years, Boston, Massachusetts, Little, Brown, 1981; Barry Blechman, "Efforts to Reduce the Risk of Accidental War", in Alexander L. George, Philip J. Farley, and Alexander Dallin, eds., US-Soviet Nuclear Cooperation, New York, Oxford University Press, 1988, p.p. 472 - 473; Raymond L. Garthoff, "The Accidents Measures Agreement", in John Borawski, ed., Avoiding War in the Nuclear Age, Boulder, Colorado, Westview Press, 1986, p.p. 56 - 71.
8. Например, с Уильямом Колби, Гарольдом Брауном, Робертом Макнамарой и МакДжорджем Банди.
9. R.L.Garwin, "Launch under Attack to Redress Minuteman Vulnerability", International Security, vol.4, p.3 (1979).
10. Считается, что информация о советских запусках поступает в Национальные центры военного командования (NMCC) менее, чем через минуту после запуска.
11. На самом деле, как мы увидим далее, есть причины для развертывания спу-

- тников, специально предназначенных для управления после запуска.
12. На таких спутниках могут быть установлены также детекторы инфракрасного излучения для обнаружения ракет на активном участке траектории.
 13. Подробные расчеты приведены в Приложении 1.
 14. Например, мощность передатчика на спутнике с высотой в 2000 километров должна быть в 25 раз меньше.
 15. Простое обсуждение методики шифрования можно найти в статье Whitfield Diffie, and Martin Hellman, Proc. of IEEE, vol. 67, 1979, p. 3.
 16. Такой шифр называется "одноразовым", он описан в Приложении 2.
 17. Частное сообщение, февраль 1989 г.
 18. Связь между устройствами DAL и запуском по оповещению обсуждается также Ричардом Гарвином, см. ссылку 9.
 19. См., например, в McGeorge Bundy, Danger and Survival, New York, Random House, 1988.
 20. S. Siller, ed., Microwave Antenna Theory and Design, Radiation Lab Series, New York, MacGraw-Hill, 1949.

ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО СССР

РЕШЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ

В ядерном обществе СССР создана группа по проблемам нераспространения ядерного оружия, контроля ядерных материалов и ответственности за ядерный ущерб, которой руководит доктор технических наук В.М.Шмелев.

В сфере ее интересов - проблемы, связанные с укреплением режима нераспространения ядерного оружия и системы его контроля, внутригосударственные и международные проблемы учета и контроля ядерных материалов, включая ядерный экспорт и импорт и проблемы обеспечения сохранности ядерных материалов; международные и внутригосударственные проблемы, связанные с ответственностью за ядерный ущерб, включая трансграничные переносы загрязнений.

Группа преследует следующие цели:

- объединить специалистов различного профиля - ядерщиков, юристов, экономистов, политиков и т.д.) для комплексного рассмотрения интересующих проблем;
- стимулировать развитие исследований и активность специалистов в указанных областях и содействовать реализации их научных и профессиональных интересов;
- улучшить информирование общественности;
- создать неправительственный орган для контактов с зарубежными неправительственными организациями;
- содействовать подготовке специалистов по данным проблемам.

Все кто желает участвовать в работе группы или оказать ей какое-либо содействие, могут направить свои предложения по адресу:

123182, Москва,
площадь И.В.Курчатова,
ИАЭ, Секретариат ЯО СССР.
Телефон: 196-73-00.
Факс: 8095 196 20 73.
Телекс: 411594 Шуга.