УДК 621.039.58

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Буковецкий А.В., Никиенко А.В.

ФГУП «Горно-химический комбинат», Железногорск, e-mail: antaresbav@tpu.ru

Качество создания и функционирования системы физической защиты ядерного объекта должно подтверждаться её оценкой эффективности. Определение показателей эффективности системы физической защиты является одной из наиболее важных задач службы безопасности ядерного объекта, решение которой позволяет выбрать оптимальный вариант построения и совершенствования системы физической защиты с учетом критерия «эффективность – стоимость». На сегодняшний день существует несколько методических подходов к оценке эффективности системы физической защиты ядерного объекта. В настоящей статье рассматриваются возможные пути совершенствования математического аппарата принятой в России методики проведения оценки эффективности систем физической защиты, в том числе способы получения более детального и адаптированного значения времени преодоления нарушителем реально установленных физических барьеров комплекса инженерно-технических средств физической защиты.

Ключевые слова: система физической защиты, оценка эффективности, показатель эффективности, модель нарушителя

IMPROVEMENT OF EVALUATION METHODS OF PHYSICAL PROTECTION SYSTEM EFFICIENCY

Bukovetskiy A.V., Nikienko A.V.

Federal State Unitary Enterprise «Mining and Chemical Combine», Zheleznogorsk, e-mail: antaresbav@tpu.ru

Physical protection system (PPS) is created at a nuclear object to prevent unauthorized acts regarding to nuclear materials, nuclear installations, points of storage of nuclear materials and other items under physical protection. PPS is a part of the general system of measures that is implemented at a nuclear plant in order to ensure the safety of nuclear life-cycle activities and the security of nuclear materials. The ability of the PPS to prevent unauthorized actions of intruder was adopted as the main criterion for evaluating the efficiency of the physical protection system. System efficiency is measured by quantitative indicators, reflecting the probability of restraint of the intruder's actions by the security forces, acting on the alarm. The article considers the basic approaches to conducting an efficiency assessment of a nuclear object physical protection system, also the possibility of creation of the intruder analytical model to determine time indicators of overcoming boundaries of protection of nuclear object by an intruder with set features.

Keywords: physical protection system, efficiency assessment, efficiency index, intruder model

Методы оценки эффективности системы физической защиты ядерного объекта

В соответствии с международными обязательствами Российской Федерации в области безопасности и нераспространения ядерных материалов в целях предотвращения диверсий и хищений в отношении ядерных материалов, ядерных установок, пунктов хранения ядерных материалов и других предметов физической защиты (ПФЗ) на всех ядерных объектах (ЯО) Российской Федерации должна обеспечиваться их физическая защита. Согласно российскому законодательству, физическая защита ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов предусматривает единую систему планирования, координации, контроля и реализации комплекса технических и организационных мер. Физическая защита на государственном уровне обеспечивается соответствующими федеральными органами исполнительной власти в пределах их полномочий и эксплуатирующими организациями, на которых реализуется система физической защиты (СФЗ), представляющая собой совокупность персонала физической защиты, осуществляемых им организационно-технических мероприятий, действий и комплекса инженерно-технических средств физической защиты. Обеспечение физической защиты осуществляется на всех этапах проектирования, сооружения, эксплуатации и вывода из эксплуатации ЯО, а также при обращении с ядерными материалами и радиоактивными веществами, в том числе при транспортировании ядерных материалов и ядерных установок. Задачами физической защиты на ЯО являются: предупреждение несанкционированных действий; своевременное обнаружение несанкционированных действий; задержка (замедление) проникновения (продвижения) нарушителя; реагирование на несанкционированные

действия и нейтрализация нарушителей для пресечения несанкционированных действий [4].

Реализация основных принципов при проектировании СФЗ ЯО направлена на достижение требуемого уровня эффективности системы, которая определяется её способностью противостоять несанкционированным действиям нарушителей в отношении ПФЗ с учётом выделенных мест, перечня угроз и модели нарушителя для конкретного ЯО. Последние определяются на этапе проведения анализа уязвимости ядерного объекта. Численным значением, характеризующим эффективность СФЗ, является показатель эффективности системы. Его величина определяется в ходе проведения оценки эффективности (ОЭ) СФЗ ЯО на основе данных, полученных в ходе проведения анализа уязвимости ядерного объекта. ОЭ СФЗ направлена на определение качественных и/или количественных показателей эффективности, а также на выявление критических элементов СФЗ. В качестве основного критерия ОЭ СФЗ принимается способность СФЗ пресечь несанкционированные действия нарушителя.

Результаты ОЭ СФЗ должны использоваться для совершенствования СФЗ. Кроме того, изменения в СФЗ объекта и введение компенсирующих организационно-технических мер также должны подтверждаться результатами проведения ОЭ СФЗ.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили качественный и количественный подходы к проведению ОЭ СФЗ ЯО [3].

1. Качественный подход связан непосредственно с оценкой состояния реальной СФЗ, существующей на объекте, либо способом проверки СФЗ на соответствие обязательным требованиям нормативных документов по физической защите различных уровней и ведомств, либо с помощью проведения учений и тренировок.

В первом случае предполагается проведение комплексных проверок (инспекций), например, органами государственного надзора или ведомственного контроля. Такие проверки могут проводиться с различной регулярностью (плановые проверки), а также при изменении перечня угроз объекту, модернизации СФЗ и в ряде других случаев (внеплановые проверки). Контролю при этом подвергаются организационные мероприятия, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, действия персонала службы безопасности. По своему характеру этот метод является экспертным. Процедура экспертного оценивания может быть построена по-разному. В одних случаях результаты могут интерпретироваться на качественном уровне, в других – на основании полученных данных могут конструироваться интегральные критерии, отражающие состояние СФЗ объекта в целом. С помощью данного метода можно судить, насколько полно выполняются требования к СФЗ на конкретном объекте. Однако он не позволяет учитывать такие факторы, как правильность установки и настройки технических средств физической защиты, организации охраны на объекте, а также пропускного и внутриобъектового режимов и т.д. Свою роль может сыграть и недостаточная компетентность экспертов. Кроме того, выполнение требований нормативных документов не исключает возможность успешного совершения несанкционированных действий нарушителем ввиду несовершенства нормативной базы, как правило не учитывающей индивидуальных особенностей конкретного ядерного объекта и особенностей построения СФЗ как организационно-технической системы. Поэтому соответствующая всем требованиям нормативных документов СФЗ (что в реальных условиях является невозможным хотя бы из-за наличия противоречивых требований в различных нормативных документах по физической защите) на практике может оказаться неспособной решать поставленные перед ней задачи.

Формально эффективность СФЗ может быть оценена и в ходе проведения учений и тренировок с учётом выбранных характеристик и параметров нарушителя. В зависимости от поставленных целей и принятых допущений могут быть исследованы самые различные аспекты функционирования СФЗ реального ЯО путём отработки различных сценариев. При этом проведение учений и тренировок является самым достоверным способом ОЭ СФЗ, поскольку позволяет изучить влияние на эффективность СФЗ множества факторов, учёт которых невозможен математическими методами или способом моделирования с помощью различных прикладных программ, при этом максимально исключить влияние субъективного мнения эксперта на результат процесса. Недостатком проведения любых учений и тренировок являются сложность и длительность организации, трудоёмкость и необходимость подключения большого числа человеческих и материальных ресурсов. При этом получаемые данные охватывают лишь незначительную выборку из всех возможных вариантов развития событий, что позволяет использовать для обработки результатов статистические методы лишь после проведения многократных тренировок с обязательным допущением о неизменности начальных условий.

2. В случае количественного подхода эффективность функционирования СФЗ описывается показателями эффективности, представляющими собой числовые значения. Показатель эффективности характеризует вероятность пресечения несанкционированных действий нарушителя силами охраны, действующими по сигналу тревоги, для конкретного ПФЗ или ЯО в целом.

Определение показателя эффективности СФЗ является сложной задачей. Успешность определения показателя эффективности для СФЗ ЯО во многом определяется квалификацией эксперта, который решает эту задачу, а также пониманием им не только требований к СФЗ, но и специфики технологических процессов на ЯО. Количественные подходы к проведению ОЭ СФЗ достаточно распространены в настоящее время, так как учитывают большое количество факторов, влияющих на эффективность СФЗ, а результаты оценки, проведённой с применением количественных методов, являются объективными и наглядными. На сегодняшний день существуют два основных вида количественных подходов к оценке эффективности СФЗ: логико-вероятностные методы и вероятностно-временной анализ.

Теоретическую основу логико-вероятностных методов составляют операции над функциями булевой алгебры. При расчёте надежности исследуются условия нахождения системы в работоспособном состоянии, а при анализе безопасности – условия попадания системы в опасное состояние. Целью исследования является определение степени риска, присутствующего в системе. В качестве основной задаётся логическая функция, описывающая функционирование СФЗ. За степень риска принимается вероятностная величина, характеризующая возможность невыполнения СФЗ своей целевой функции в рамках конкретной проектной угрозы. Структура СФЗ описывается при помощи функций алгебры логики, а количественная оценка степени риска проводится с помощью теории вероятности. Метод дает обоснованный количественный показатель эффективности СФЗ. Можно рассматривать анализ безопасности как метод многокритериальной оптимизации. К недостаткам данного метода относят, прежде всего, трудоемкость логико-вероятностных преобразований, а также проблему достоверности вероятностей инициирующих событий. Кроме того, к недостатку этого метода следует отнести значительный объем трудоемких логических преобразований при анализе сложных сценариев (переход от функции опасного состояния к вероятностной функции).

Вероятностно-временной анализ является основным методом, используемым в настоящее время для оценки эффективности СФЗ. Оценка эффективности СФЗ в данном случае основана на событийно-временном анализе развития конфликтной ситуации в системе «силы охраны – нарушитель» при внешней и внутренней угрозах. Эффективность физической защиты рассматривается здесь как вероятностная величина и определяется как вероятность того, что силы охраны, действующие по сигналам технических средств физической защиты, успеют пресечь акцию нарушителя.

Суть метода состоит в следующем: для пресечения акции внешнего нарушителя проверяется выполнение условия для конкретной оперативной ситуации

$$DT = T_0 - T_н < 0, \qquad (1)$$

где T_0 – время действия сил охраны по пресечению несанкционированных действий нарушителя; $T_н$ – время действий нарушителя по совершению акции на ЯО в отношении ПФЗ.

Для этого анализируются маршруты движения нарушителей и сил охраны для каждой из целей, определенных на этапе анализа уязвимости. Оцениваются времена движения нарушителей и сил охраны, относящиеся к различным этапам их действий. Для нарушителя это могут быть время преодоления физических барьеров, время движения по территории объекта, время акции и т.д., для охраны – время сборов, время движения, время осмотра участка периметра, на котором выдало сигнал тревоги средство обнаружения, и др. Понятно, что эти времена являются случайными. Более того, законы их распределения неизвестны.

Объективность и достоверность результатов оценки сильно зависят от точности исходных данных по вероятностям обнаружения нарушителя техническими средствами физической защиты, временам движения охраны и нарушителя, временам преодоления физических барьеров и т.д. Неопределенность исходных данных, часть из которых имеет характер экспертного оценивания, требует достаточно осторожного отношения к результатам расчётов и их интерпретации. Другим недостатком этого метода является значительный объем рутинных вычислительных процедур при анализе СФЗ на реальных ЯО.

Методы оценки эффективности системы физической защиты ядерного объекта в России

Вероятностно-временной анализ был положен в основу ведомственного документа «Системы физической защиты.

Методические рекомендации по оценке эффективности» (МР), действующего для предприятий Государственной корпорации «Росатом». Настоящий документ определяет цели и задачи ОЭ СФЗ, показатели эффективности СФЗ, методологию и основные этапы проведения ОЭ СФЗ, порядок оформления полученных результатов. Эффективность системы оценивается количественными показателями, отражающими вероятность пресечения действий нарушителя силами охраны, действующими по сигналу тревоги.

Показатели эффективности зависят от принятых в процессе анализа уязвимости ЯО угроз, моделей нарушителя и уязвимых мест. Результаты ОЭ, проведённой в соответствии с МР, могут быть представлены дифференциальными и интегральным показателями эффективности. Дифференциальный показатель эффективности учитывает вероятность пресечения акции нарушителя против одной цели. При рассмотрении нескольких сценариев действий нарушителя против выбранной цели дифференциальный показатель эффективности СФЗ для этого уязвимого места ЯО принимается равным минимальному (наихудшему) значению по всем рассмотренным сценариям. Сценарий действий нарушителя, соответствующий минимальному значению вероятности предотвращения акции против выбранной цели, принимается в качестве критического. Интегральный показатель представляет собой усредненный с учётом дополнительных коэффициентов показатель эффективности СФЗ по ЯО в целом.

Элементами маршрута, которые вынуждены преодолевать нарушители различными способами в зависимости от выбранной тактики, являются инженерные средства (в т.ч. физические барьеры), участки открытой местности, элементы строительных конструкций зданий, помещений и сооружений, оборудованные средствами обнаружения и контроля. Преодоление каждого элемента маршрута характеризуется тактикой, способом, временем движения нарушителей и вероятностью их обнаружения техническими средствами физической защиты, персоналом объекта, силами охраны. Далее принимаются меры по перехвату нарушителей, их блокированию и нейтрализации [5].

В качестве основного критерия ОЭ СФЗ в МР принимается способность СФЗ пресечь несанкционированные действия нарушителя. В силу того, что факт пресечения является случайным событием, в качестве показателя эффективности рассматривается вероятность пресечения акции нарушителей $P_{пр}$. В общем случае пресечение может быть рассмотрено как совокупность событий обнаружения нарушителя средствами СФЗ, его задержки при продвижении к цели совершения несанкционированного действия и последующего реагирования и нейтрализации действий нарушителя. При таком подходе вероятность пресечения несанкционированного действия по отношению к ПФЗ может быть описана формулой [2]:

$$P_{пр} = P_о P_з P_н. \quad (2)$$

Вероятность своевременного обнаружения несанкционированных действий нарушителя ($P_о$) определяется в общем случае характеристиками технических средств обнаружения. Она может быть получена из технической документации средств обнаружения и/или на основе имеющейся статистики.

Вероятность задержки и замедления продвижения нарушителя ($P_з$) представляет собой квантиль случайной величины времени задержки, то есть вероятность того, что задержка t будет не меньше заданной величины ($t_з$)

$$P_з = P(t \geq t_з). \quad (3)$$

Вычисление $P_з$, как правило, осуществляется с использованием моделирования и требует знания временных характеристик способов преодоления физических барьеров различными типами нарушителей, отличающимися тактикой действия, специальной подготовкой, оснащённостью техническими средствами и т.д.

Вероятность нейтрализации нарушителя силами охраны ($P_н$) представляет собой квантиль случайной величины, образующейся на срезе реализации случайных функций, определённых как «нейтрализация» в фиксированный момент времени t. Для определения значения $P_н$ обычно используется моделирование на основе специальных программ.

В основу модели функционирования СФЗ, описанной в МР, положен подход к оценке эффективности систем безопасности, при котором рассматриваются возможные сценарии совершения несанкционированных действий и маршруты продвижения нарушителей к местам размещения ПФЗ в охраняемых зонах на объекте. Оценка эффективности СФЗ при внутренней угрозе проводится в предположении, что сценарий действий нарушителя состоит из двух частей: проход с использованием своих полномочий до какой-либо СФЗ и затем «силовой» прорыв. В частном случае второй этап действий нарушителя может отсутствовать.

Реализовать алгоритмы ОЭ СФЗ без использования специализированного

вычислительного и математического инструментария удаётся только для простейших объектов. Для объектов со сложной конфигурацией охраняемых зон, множеством целей оценка может быть произведена только с использованием специализированных компьютерных программ [1].

Выводы

Существующие в настоящее время методики и выполненные на их основе программные средства ОЭ СФЗ ЯО имеют множество допущений, не позволяющих учитывать такие параметры, как индивидуальные особенности ядерного объекта (географическое положение, технология обращения с ПФЗ и т.д.), тактика действий подразделений сил охраны и потенциального нарушителя, которые оказывают существенное влияние на конечный результат аналитической работы. На основании вышесказанного можно сделать вывод о необходимости совершенствования существующих и разработки новых методик по проведению оценки эффективности СФЗ ЯО России, позволяющих учитывать индивидуальные особенности объектов, а также тактику действий и параметры, характеризующие подготовленность нарушителей к совершению акции, а сил охраны – противостоять действиям нарушителей.

Список литературы

1. Бояринцев А.В. Проблемы антитерроризма: категорирование и анализ уязвимости объектов. – СПб.: ЗАО НПП «ИСТА-Системс», 2006. – 252 с.

2. Бояринцев А.В. Проблемы антитерроризма: угрозы и модели нарушителей. – СПб.: ЗАО НПП «ИСТА-Системс», 2008. – 220 с.

3. Гарсиа М. Проектирование и оценка систем физической защиты / пер. с англ. В.И. Воропаева, Е.Е. Зудина и др.– М.: Мир, АСТ, 2002. – 386 с.

4. Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 19 июля 2007 г. № 456.

5. Fischer R.J., Halibozek E., Walters D. Introduction to Security, 9nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2013.

References

1. Boyarintsev A.V. *Problemy antiterrorizma: kategorirovanie i analiz ujazvimosti ob'ektov* [Problems of Antiterrorizm: Categorization and Vulnerabilities Analysis]. Sankt-Peterburg.: ZAO NPP «ISTA-Sistems», 2006.

2. Boyarintsev A.V. *Problemy antiterrorizma: ugrozy i modeli narushiteley* [Problems of Antiterrorizm: Threats and Adversary Types]. Sankt-Peterburg.: ZAO NPP «ISTA-Sistems», 2008.

3. Garcia, M.L. The design and evaluation of physical protection systems. – Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2001, pp. 29–70.

4. *Pravila fizicheskoy zashchity yadernykh materialov, yadernykh ustanovok i punktov hraneniya yadernykh materialov* [Regulations on Physical Protection of Nuclear Materials, Nuclear Facilities and Storage Points]. Utvergdeny Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 19.07.2007 no. 456.

5. Fischer, R.J., Halibozek, E., Walters, D. Introduction to Security, 9nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2013.

Рецензенты:

Жданов Р.П., д.п.н., профессор, советник генерального директора, ФГУП ГХК, г. Железногорск;

Малый В.П., д.ф.-м.н., профессор кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники, ФГБОУ «Сибирская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы МЧС России», г. Железногорск.