

УДК: 78.25

DOI: 10.53816/23061456_2022_5-6_44

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ
НА КОММУНИКАЦИЯХ**

**METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS
OF THE COMPLEX OF ENGINEERING AND TECHNICAL MEANS
OF PROTECTION OBJECTS ON COMMUNICATIONS**

Д-р техн. наук А.К. Черных¹, Д.А. Шиленин¹, канд. воен. наук С.Ю. Сысуюв²

D.Sc. A.K. Chernykh, D.A. Shilenin, Ph.D. S.Yu. Sysuev

¹*Санкт-Петербургский военный институт войск национальной гвардии,*

²*Михайловская военная артиллерийская академия*

Статья посвящена обоснованию методики оценки эффективности комплекса инженерно-технических средств охраны объектов на коммуникациях. При этом рассмотрены типовые объекты на коммуникациях и общий порядок создания системы охраны для этих объектов. Выявлены основные исходные данные и функции системы охраны мостового перехода, который является важным объектом на коммуникации. Установлено, что эффективность функционирования системы охраны будет зависеть от своевременной подачи сигнала привлекаемым силам охраны о фактах проникновения нарушителя к критическим элементам мостового перехода а также о задержании или поражении этого нарушителя. Предлагаемая методика позволяет оценить эффективность комплекса инженерно-технических средств охраны мостового перехода в целом, с учетом условий нахождения объекта охраны как на береговой площадке, так и в акватории.

Ключевые слова: объект на коммуникации, мостовой переход, охрана объектов, система охраны, инженерно-технические средства, оценка эффективности.

The article is devoted to the substantiation of the methodology for evaluating the effectiveness of a complex of engineering and technical means for protecting objects on communications. At the same time, typical objects on communications and the general procedure for creating a security system for these objects are considered. The main initial data and functions of the bridge crossing protection system, which is an important object in the communication, are identified. It is established that the effectiveness of the functioning of the security system will depend on the timely provision of a signal to the involved security forces about the facts of the intruder's penetration to the critical elements of the bridge crossing, as well as about the detention or defeat of this intruder. The proposed method allows evaluating the effectiveness of the complex of engineering and technical means of protecting the bridge as a whole, taking into account the conditions for the location of the object of protection both on the coastal site and in the water area.

Keywords: object on communications, bridge crossing, protection of objects, security system, engineering and technical means, efficiency assessment.

В современных условиях сложной геополитической обстановки и существенного обострения конфронтации Российской Федерации (РФ) со странами блока НАТО возрастает угроза в отношении жизненно важных объектов, от которых будет зависеть обороноспособность государства [1]. Возрастает и внутренняя напряжённость в государстве, где оплотом внутренней стабильности являются войска национальной гвардии РФ, которые предназначены для обеспечения государственной и общественной безопасности, защиты прав и свобод человека и гражданина. Одной из задач, выполняемой войсками национальной гвардии РФ, является охрана важных государственных объектов, специальных грузов, объектов (сооружений) на коммуникациях в соответствии с перечнем, утвержденным Правительством РФ [2], поэтому проведение оценки эффективности комплекса инженерно-технических средств охраны объектов на коммуникациях является, по нашему мнению, актуальной задачей [3].

Под объектами на коммуникациях понимаются важнейшие стационарные сооружения на магистральных путях сообщения (мостовые переходы, тоннели, подпорные стенки, эстакады, виадуки, путепроводы и другие сооружения), газонефтепроводы (компрессорные станции, газораспределительные станции, подземные хранилища, перекачивающие станции).

Охрана объектов на коммуникациях в зависимости от их характера (длины, конфигурации, количества вентиляционных шахт, жизненно важных центров, уровня подъема и спада паводковых вод, рельефа, удаления от подразделения), места расположения и степени оснащённости объекта инженерно-техническими средствами охраны (ИТСО) может осуществляться заставами, выделяемыми от них караулами, войсковыми нарядами. Одними из важнейших объектов на коммуникациях являются мостовые переходы.

Эффективность системы охраны (СО) мостового перехода в целом будет зависеть от эффективности всех составляющих в равной мере, поскольку, при наличии, с определенной степенью достаточности, организационных мер физической защиты и в то же время при отсутствии эффективного комплекса ИТСО или подготовленных сил охраны, говорить об эффективной СО не приходится [4].

Эффективность комплекса ИТСО — количественный показатель, характеризующий качество данного комплекса. Эффективность комплекса ИТСО мостового перехода нельзя оценить отдельно без других составляющих СО, так как комплекс ИТСО сам по себе не решает задачу охраны мостового перехода в полном объеме. Задачей данного комплекса является подача сигнала силам охраны о фактах проникновения нарушителя к конструктивным элементам моста, создание препятствий для продвижения нарушителя на время, достаточное для действий сил охраны по его задержанию [5].

В последнее время широко используются системы охранного телевидения и системы управления доступом персонала на охраняемый объект, которые, в свою очередь, играют немаловажную роль в охране объектов в целом.

Таким образом, эффективность комплекса ИТСО мостового перехода можно оценить, оценив эффективность СО в целом, и затем сравнив эффективность СО мостового перехода до ввода в эксплуатацию комплекса ИТСО и эффективность СО после ввода комплекса в эксплуатацию. Сравнивая эффективности СО до и после внедрения комплекса ИТСО, можно оценить вклад технической составляющей.

В качестве основного критерия оценки эффективности системы физической защиты (СФЗ) во многих источниках принято считать вероятность пресечения несанкционированных действий нарушителя силами охраны, действующими по сигналу тревоги.

Существующие взгляды на размещение элементов комплекса ИТСО, караульного помещения, сил охраны, расположение маршрутов их выдвижения, экономию различных средств противодействия проникновению, не в полной мере отвечают современным требованиям, предъявляемым к охране объекта, так как основными факторами, определяющими тактику охраны объекта, являются изменения в ИТСО, вооружении и технике.

Показатели эффективности зависят от принятых в процессе анализа уязвимости моста угроз, тактики действий нарушителей и уязвимых мест.

При оценке эффективности необходимо учитывать [6, 7]:

– вероятности обнаружения нарушителя техническими средствами охраны;

- время задержки нарушителя инженерными заграждениями;
- время движения сил охраны и нарушителя;
- взаимное расположение технических средств (возможность определения направления движения нарушителя);
- наличие систем и средств охранного телевидения;
- наличие средств идентификации вторжения (контрольно-следовая полоса);
- тактику действий сил охраны;
- оснащение и вооружение нарушителя.

Для проведения оценки эффективности СО мостового перехода необходимы следующие основные исходные данные:

- принятая на мостовом переходе структура охраняемых зон;
- перечень целей нарушителя с указанием их категории и принадлежности к соответствующей охраняемой зоне, а также ранга важности, учитывающего степень значимости элемента конструкции моста;
- схема мостового перехода;
- потенциальные угрозы и тактика действий нарушителя;
- описание структуры и состава комплекса ИТСО с указанием их основных тактико-технических характеристик, применительно к каждому элементарному участку комплекса охраняемой зоны;
- расположение постов охраны на мостовом переходе;
- порядок допуска и доступа личного состава сил охраны и службы безопасности в охраняемые зоны.

Основными источниками исходных данных являются:

- отчет по результатам анализа уязвимости моста;
- паспорт моста;
- генеральный план моста;
- план охраны и обороны моста;
- планы взаимодействия при организации физической защиты;
- акт межведомственной или ведомственной комиссии (договор) по приему моста под охрану;
- техническая документация на составляющие комплекса ИТСО;
- результаты учений сил охраны и экспериментов по преодолению элементов СФЗ моста;

- инструкции и положения по пропускному режиму на мост и другие регламентирующие документы;
- результаты работы государственного надзора, ведомственного и внутриобъектового контроля;
- экспертные оценки специалистов.

Охрана объектов осуществляется по периметру объекта, периметрам локальных зон и охраняемым помещениям.

Для анализа достоинств и недостатков существующих комплексов ИТСО моста разработаны соответствующие методики оценки эффективности [5, 8]. В основе этих методик лежит анализ функций, осуществляемых системой охраны объектов на коммуникациях. К основным функциям СО можно отнести:

1. Обнаружение нарушений;
2. Задержка нарушителя на инженерных заграждениях;
3. Действия сил охраны.

Выполнение функций СО можно условно разбить на три зоны:

- зону обнаружения, в которой расположены несколько средств охранной сигнализации;
- зону инженерных заграждений, образованную элементами конструкций зданий и сооружений или специально возводимыми труднопреодолимыми препятствиями;
- зону воздействия (задержания или поражения) — полосу местности от рубежа средств охранной сигнализации до рубежа блокирования силами охраны.

Оценка эффективности СО мостового перехода в целом, будет складываться из двух составляющих:

1. Эффективности СО въезда на мост и выезда с него;
2. Эффективности СО акватории мостового перехода.

Оценка эффективности СО этих составляющих будет несколько отличаться друг от друга, например, условием задержания «сухопутных» нарушителей будет являться наличие инженерных заграждений, что не предусматривается для «морских» нарушителей. Таким образом, в качестве дифференциальных показателей эффективности будем считать вероятности пресечения акций нарушителей со стороны суши и со стороны акватории.

Интегральный показатель эффективности будет складываться из дифференциальных по-

казателей с учетом вероятностей их возникновения.

$$W = k_1 W_c + k_2 W_{акв}, \quad (1)$$

где W — значение интегрального показателя эффективности;

k_1 — коэффициент, отражающий вероятность появления нарушителя со стороны суши;

k_2 — коэффициент, отражающий вероятность появления нарушителя со стороны акватории;

W_c — дифференциальный показатель эффективности функционирования СО со стороны суши;

$W_{акв}$ — дифференциальный показатель эффективности функционирования СО со стороны акватории.

Можно предположить, что появление нарушителя, как со стороны акватории, так и со стороны суши будет одинаковым, поэтому числовые значения коэффициентов будут составлять $k_1 = 0,5$ и $k_2 = 0,5$.

Вероятность пресечения акции со стороны суши W_c можно рассчитать по формуле

$$W_c = P_{обн} \cdot P_{зад} \cdot P_{пор}, \quad (2)$$

где $P_{обн}$ — вероятность обнаружения нарушителя техническими средствами охраны и часоваыми;

$P_{зад}$ — вероятность того, что силы охраны выдвинутся и займут исходные положения для действий (рубежи блокирования) раньше, чем нарушитель преодолеет полосу инженерных заграждений;

$P_{пор}$ — вероятность поражения (захвата, нейтрализации) нарушителя, преодолевающего инженерные заграждения.

Вероятность обнаружения нарушителя вычисляется исходя из того, что сигнал тревоги выдается в случае срабатывания хотя бы одного рубежа из всех установленных на участке. Так как события срабатывания различных средств охранной сигнализации независимы друг от друга, то формула для расчета вероятности обнаружения имеет вид

$$P_{обн} = 1 - \sum_{i=1}^n (1 - P_{обн,i}), \quad (3)$$

где n — количество рубежей обнаружения;

$P_{обн,i}$ — вероятность обнаружения нарушителя техническим средством охраны, установленном на i -м рубеже.

В свою очередь

$$P_{обн,i} = \tilde{P}_{обн,i} \cdot P_{бр,i}^{coc},$$

где $\tilde{P}_{обн,i}$ — вероятность обнаружения нарушителя заведомо исправным средством охранной сигнализации i -го типа (паспортные данные);

$P_{бр,i}^{coc}$ — вероятность безотказной работы i -го средства охранной сигнализации.

Вероятность безотказной работы i -го средства охранной сигнализации рассчитывается по экспоненциальному закону распределения

$$P_{бр,i}^{coc} = \exp\left(\frac{-t_i^{coc}}{T_i^{coc}}\right),$$

где t_i^{coc} — время преодоления нарушителем зоны чувствительности i -го средства охранной сигнализации, которое определяется исходя из ширины зоны чувствительности средства охранной сигнализации H_3 и предполагаемой максимальной скорости движения нарушителя V_n

$$t_i^{coc} = \frac{H_3}{V_n},$$

где T_i^{coc} — время наработки на отказ i -го средства охранной сигнализации.

Вероятность того, что силы охраны успеют своевременно занять позиции для воздействия на нарушителя, вычисляется на основе временного анализа действий нарушителя и сил охраны [9]. Считается, что силы охраны успели своевременно занять позиции (рубежи блокирования), если

$$T_n \geq T_o,$$

где T_n — время движения нарушителя, которое складывается из времени преодоления инженерных заграждений (T_1, T_2, \dots, T_n) и времени движения между инженерными заграждениями (T_{33})

$$T_n = T_1 + T_2 + T_{33} + \dots + T_n,$$

T_0 — время от получения силами охраны сигнала тревоги до занятия соответствующего рубежа блокирования (определяется согласно сборнику нормативов).

Вероятность того, что силы охраны выдвигнутся и займут исходные положения для действий (рубежи блокирования) раньше, чем нарушитель преодолеет полосу инженерных заграждений, можно вычислить по формуле

$$P_{\text{зад}} = \exp\left(-0,2 \cdot \frac{T_0}{T_n}\right), \quad (4)$$

где 0,2 — коэффициент, полученный эмпирическим путем.

Поражение нарушителя осуществляется техническими средствами воздействия (электризуемыми заграждениями, дымогазогенераторными, световыми, звуковыми и другими установками) и огнем стрелкового оружия сил охраны. Задача считается выполненной, если нарушитель поражен или техническими средствами, или стрелковым оружием. Поражение нарушителя не является самоцелью, вполне достаточно задержания (т.е. пленения) нарушителя. Но событие задержания наступает только в том случае, если созданы условия для поражения нарушителя. Иначе трудно назвать причину, по которой нарушитель отказался от акции и сдался наряду сил охраны. Следовательно, достаточно вычислить вероятность поражения, а задержание считать одним из возможных исходов, равновероятным поражению.

Вероятность поражения нарушителя многорубежной системой поражения техническими средствами или огнем стрелкового оружия сил охраны можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{пор}} = 1 - (1 - P_{\text{огн}}) \cdot \prod_{j=1}^m (1 - P_{\text{пор},j} \cdot P_{\text{бр},j}), \quad (5)$$

где $P_{\text{огн}}$ — вероятность поражения нарушителя огнем стрелкового оружия сил охраны;

$P_{\text{пор},j}$ — вероятность поражения нарушителя техническим средством j -го типа;

$P_{\text{бр},j}$ — вероятность безотказной работы технического средства воздействия j -го типа;

m — количество технических средств поражения (воздействия).

Вероятность безотказной работы технического средства воздействия j -го типа также можно рассчитать по экспоненциальному закону

$$P_{\text{бр},j}^{\text{cb}} = \exp\left(\frac{-t_j^{\text{cb}}}{T_j^{\text{cb}}}\right),$$

где t_j^{cb} — время преодоления нарушителем зоны воздействия j -го средства воздействия;

T_j^{cb} — наработка на отказ j -го средства воздействия.

Для каждого технического средства поражения необходима индивидуальная методика расчета. Для расчета вероятности поражения огнем стрелкового оружия можно использовать известные методики [9, 10]. В качестве показателя эффективности стрельбы по одиночной цели рекомендуется выбирать вероятность поражения цели $P(A)$, а для стрельбы по групповой цели, состоящей из однотипных объектов, — математическое ожидание числа пораженных объектов N^* или математическое ожидание доли пораженных объектов $\mu = N^*/N$, где N — общее число объектов в составе групповой цели.

При стрельбе по нарушителю из стрелкового оружия поражение наступает, если в момент достижения цели пулей, ее энергия составляет не менее 98,067 Дж. У стоящего на вооружении войск национальной гвардии штатного стрелкового оружия — это условие выполняется вплоть до предельной дальности стрельбы. Поэтому под вероятностью поражения одиночной цели понимается вероятность получения хотя бы одного попадания при заданном числе выстрелов. Таким образом, задача сводится к вычислению вероятности попадания в цель [10].

Наиболее точный способ определения вероятности попадания в цель состоит в использовании таблицы значений вероятностей (шкалы рассеивания) по формуле

$$P_{\text{огн}} = \Phi\left(\frac{Y}{B_{\text{сум}}^b}\right) \cdot \Phi\left(\frac{Z}{B_{\text{сум}}^{\delta}}\right) \cdot K,$$

где Y — половина высоты цели;

Z — половина ширины цели;

$B_{\text{сум}}^b$ — суммарное срединное отклонение по высоте;

$B_{\text{сум}}^b$ — суммарное срединное отклонение по боковому направлению;

K — коэффициент фигурности цели;

$\Phi(x)$ — приведенная функция Лапласа.

Подставив вероятности, полученные по формулам (3), (4) и (5), в формулу (2) — получим искомую вероятность пресечения акции нарушителей со стороны суши.

Для определения вероятности пресечения акции нарушителя со стороны акватории, необходимо определить некоторые допущения:

1. При срабатывании средств охранной сигнализации, установленных в акватории тревожная группа караула выдвигается к предполагаемому месту нарушения на катере и производит поиск нарушителей средствами поиска, установленными на катере;

2. Скорость нарушителей составляет примерно 3–9 км/ч вплавь, учитывая тот факт, что система охранной сигнализации позволяет при обнаружении нарушителя сопровождать его и проецировать маршрут движения на мониторе с погрешностью по дистанции до 2 метров и по углу до 2 градусов. Тогда, учитывая скорость движения катера сил охраны до 75 км/ч, можно предположить, что поиск нарушителя силами охраны на катере будет осуществляться как неподвижного;

3. При обнаружении нарушителя силами охраны может применяться установка нелетального воздействия, т.е. если созданы условия для поражения нарушителя, то соответственно созданы условия для его задержания и тем самым можно предположить, что вероятность задержания нарушителя будет равна вероятности его поражения [10].

Учитывая перечисленные допущения, вероятность пресечения акции со стороны акватории можно определить по формуле

$$W_{\text{акв}} = P_{\text{обн}} \cdot P_{\text{пор}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{обн}}$ — вероятность обнаружения нарушителя техническими средствами охраны (ТСО) и силами охраны;

$P_{\text{пор}}$ — вероятность поражения (захвата, нейтрализации) нарушителя, находящегося в акватории, средствами нелетального воздействия.

Вероятность поражения $P_{\text{пор}}$ рассчитывается по формуле (5).

Вероятность обнаружения нарушителя средствами охранной сигнализации $P_{\text{обн.сос}}$ будет зависеть от вероятности обнаружения нарушителя надводными средствами и от вероятности обнаружения его подводными средствами; так как события независимы друг от друга, то общую вероятность обнаружения нарушителя техническими средствами, можно рассчитать по формуле (3).

Вероятность обнаружения нарушителя непосредственно силами охраны $P_{\text{обн.со}}$ будет зависеть от факта срабатывания средств охранной сигнализации, установленных в акватории на подступах к мостовому переходу, ее можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{обн.со}} = 1 - \exp\left(\frac{-2RVt}{S}\right),$$

где R — дальность обнаружения нарушителя техническими средствами охраны;

V — скорость движения катера при ведении поиска нарушителя;

t — время ведения поиска на площади S ;

S — площадь ведения поиска.

Подставив вероятности, полученные по формулам (2) и (6), в формулу (1), можно оценить эффективность СО мостового перехода.

Таким образом, предложенная методика позволит оценить эффективность СО мостового перехода в целом, с учетом условий нахождения объекта охраны как на береговой площадке, так и в акватории.

Отметим также её вычислительную простоту, которая позволяет осуществить для неё разработку программы с использованием электронных таблиц.

Литература

1. Анисимов Е.Г. Сущность и проблемы управления обеспечением безопасности и обороной государства / Е.Г. Анисимов и др. // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук, 2016. № 3 (93). С. 3–10.
2. Федеральный закон от 3 июля 2016 года № 226-ФЗ «О войсках национальной гвардии Российской Федерации» (ред. от 01.07.2021) // Собрание законодательства Российской Федерации. 2016. № 27 (ч. I). Ст. 4159.

3. Губенко А.В., Сазыкин А.М. Теоретические основы создания систем поддержки принятия решений в интересах комплексной транспортной безопасности // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук, 2015. № 3 (88). С. 10–15.

4. Барабанов В.В. Проблема сравнения и выбора варианта построения системы безопасности // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды Четвертой Всероссийской научно-практической конференции, 2001. С. 348–351.

5. Петров Д.А., Ревин С.М., Грачёв Д.Д. Оценка рисков и эффективности систем физической защиты потенциально опасных объектов. — М.: Общевойсковая академия Вооружённых сил РФ, 2010.

6. Черных А.К. Современные угрозы для важных государственных объектов / А.К. Черных, Д.А. Шиленин, Р.Ф. Усиков // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму, 2021. № 1–2 (151–152). С. 74–78.

7. Богоева Е.М., Гарькушев А.Ю., Сазыкин А.М. Основы построения моделей интеллектуализации в системах безопасности // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму, 2014. № 9–10 (75–76). С. 22–27.

8. Пензин А.А. Методика проведения оценки эффективности системы физической защиты ядерно-опасных объектов // Сборник научных трудов академии. — М.: ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ», 2012. № 45. С. 78–85.

9. Гарькушев А.Ю., Сазыкин А.М. Методические положения математического моделирования задач адаптивного распределения дискретных ресурсов при управлении войсками и оружием в режиме реального времени // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук, 2016. № 1 (91). С. 32–37.

10. Алексеев О.Г. Модели распределения средств поражения в динамике боя / О.Г. Алексеев и др. — Ленинград: Министерство обороны СССР, 1989. 109 с.

References

1. Anisimov E.G. The essence and problems of state security and defense management / E.G. Anisimov et al // Proceedings of the Russian

Academy of Rocket and Artillery Sciences, 2016. № 3 (93). P. 3–10.

3. Federal Law № 226-FZ of July 3, 2016 «On the Troops of the National Guard of the Russian Federation» (ed. of 01.07.2021) // Collection of Legislation of the Russian Federation, 2016. № 27 (part I). St. 4159.

3. Gubenko A.V., Sazykin A.M. Theoretical foundations of creating decision support systems in the interests of integrated transport security // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, 2015. № 3 (88). P. 10–15.

4. Barabanov V.V. The problem of comparing and choosing a variant of building a security system // Actual problems of protection and security: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific and Practical Conference, 2001. P. 348–351.

5. Petrov D.A., Revin S.M., Grachev D.D. Assessment of risks and the effectiveness of physical protection systems are potentially dangerous objects. — М.: combined arms Academy of the Armed forces of the Russian Federation, 2010.

6. Chernykh A.K. Modern threats to important state facilities / A.K. Chernykh, D.A. Shilenin, R.F. Usikov // Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodestviia terrorizmu, 2021. № 1–2 (151–152). P. 74–78.

7. Bogoeva E.M., Garkushev A.Yu., Sazykin A.M. Fundamentals of building models of intellectualization in security systems // Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodestviia terrorizmu 2014. № 9–10 (75–76). P. 22–27.

8. Penzin A.A. Methods of evaluating the effectiveness of the physical protection system of nuclear-hazardous objects // Collection of scientific works of the Academy. — М.: VUNTS SV «OVA of the armed forces», 2012. № 45. P. 78–85.

9. Garkushev A.Yu., Sazykin A.M. Methodological provisions of mathematical modeling of problems of adaptive distribution of discrete resources in the management of troops and weapons in real time // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, 2016. № 1 (91). P. 32–37.

10. Alekseev O.G. Models of distribution of means of destruction in the dynamics of combat / O.G. Alekseev et al. — Leningrad: Ministry of Defense of the USSR, 1989. 109 p.