

УДК 621.396.96

Подход к оценке эффективности технических средств, применяемых для решения задач охраны государственной границы

Е.И. МИХНЁНОК, А.В. ХИЖНЯК

Предложен подход к оценке эффективности технических средств охраны государственной границы, построенных на различных физических принципах, решающих задачи обнаружения нарушителей и выдачи информации о сработке дежурному по подразделению охраны, в целях принятия решения на применение имеющихся сил и средств для задержания нарушителей.

Ключевые слова: оценка эффективности, технические средства охраны, государственная граница.

An approach is proposed to assess the effectiveness of technical means of protecting the state border, built on various physical principles that solve the problem of detecting violators and issuing information about the drawdown of the duty officer in the protection division, in order to make a decision on the use of available forces and means for the detention of offenders.

Keywords: efficiency evaluation, technical means of protection, state border.

Введение. В настоящее время идет активное внедрение технических средств наблюдения в повседневную человеческую деятельность. Не исключением являются Вооруженные Силы и другие силовые структуры Республики Беларусь. Спектр решаемых ими задач постоянно расширяется.

Одним из направлений, на которое руководство государства обращает особое внимание, является охрана Государственной границы Республики Беларусь. Эффективное решение данной задачи в настоящее время не представляется возможным без применения технических средств охраны.

Руководство Государственного пограничного комитета Республики Беларусь проводит целенаправленную деятельность в данном направлении. Все это способствует достижению следующей цели: уменьшение необходимого количества дежурных сил и средств, выполняющих задачи охраны государственной границы, и возложение этих обязанностей на технические системы и комплексы.

В свою очередь, рост количества используемых технических средств охраны (ТСО), особенно построенных на различных физических принципах, требует определения подходов к оценке эффективности их совместного применения при решении задач охраны государственной границы. Анализ открытых источников по данной тематике показал, что в настоящее время конкретных подходов по данному вопросу не выработано.

Решение данной задачи позволит обосновывать выбор состава ТСО на конкретном участке государственной границы с точки зрения затрат минимально необходимых материальных средств и достижения необходимого уровня решения функциональных задач как при проектировании рубежей охраны, так и при совершенствовании имеющейся инфраструктуры.

Основная часть. Зона ответственности подразделения охраны государственной границы пограничной заставы (поста) представляет собой участок местности сложной формы, на котором осуществляется обнаружение и задержание нарушителей. Для выполнения данных задач подразделения охраны оснащаются различными техническими средствами охраны, на базе которых создается интегрированная система контроля охраняемой территории.

К сожалению, единых подходов к оценке эффективности интегрированных систем контроля охраняемой территории, особенно применяемых на государственной границе, пока не выработано. Это обусловлено спецификой объектов с большим периметром, которая должна учитываться при построении современной территориально распределенной системы охраны [1]. Специфика таких объектов характеризуется множеством факторов, однако основными из них являются следующие:

- плотность нарушений зоны ответственности весьма неравномерна;
- технические средства охраны в первую очередь должны устанавливаться там, где плотность нарушений предполагается максимальной, например, около основных транспортных путей пересечения границы, а также на наиболее благоприятных для этого маршрутах;
- условия функционирования каждого средства обнаружения должны выбираться исходя из ограничений, накладываемых на его физический принцип действия, либо создаваться условия, способствующие максимальной эффективности применения конкретного средства обнаружения;
- различные типы нарушителей имеют разный уровень подготовки по преодолению рубежей охраны [2]. Следовательно, способы и средства должны варьироваться так, чтобы обеспечить максимальную эффективность обнаружения и задержания нарушителей.

В основе предлагаемого подхода используем описанный в [3] обобщенный показатель эффективности. Авторы предлагают зону ответственности подразделения охраны представлять в виде множества распределенных однородных элементарных участков, характеризующихся некоторым частным показателем эффективности. При этом, отсутствие взаимного влияния элементарных участков определяет аддитивную свертку частных показателей эффективности при расчете обобщенного показателя эффективности технических средств охраны зоны ответственности подразделения (1):

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_i, \quad (1)$$

где N – количество элементарных участков, на которые разбита зона ответственности, q_i – частный показатель эффективности технических средств охраны i -го элементарного участка зоны ответственности.

Дальнейший расчет сводится к рассмотрению частного показателя эффективности технических средств охраны, отражающего выполнение их основных функций, т. е. обнаружение нарушителя (2):

$$q_i = P_{обн_i}, \quad (2)$$

где $P_{обн_i}$ – вероятность обнаружения нарушителя при его движении через i -й участок.

С учетом наличия на участке охраны некоторого множества M технических средств охраны, вероятность обнаружения нарушителя при его движении через элементарный участок может быть рассчитана, исходя из следующего выражения:

$$P_{обн_i} = 1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{o_{ij}}), \quad (3)$$

где $P_{o_{ij}}$ – вероятность обнаружения нарушителя на i -м участке j -м средством обнаружения:

$$P_{o_{ij}} = P_{o_j} P_{mc_j} P_{\partial_j}, \quad (4)$$

где P_{o_j} – заявленная вероятность обнаружения j -м объектом, P_{mc_j} – вероятность технического исправного состояния j -го объекта, P_{∂_j} – вероятность доставки сообщения об обнаруженном нарушителе j -м объектом.

С точки зрения построения системы охраны государственной границы конечное решение об обнаружении нарушителя принимает дежурный по подразделению охраны. Поэтому одним из основных требований, предъявляемым к ТСО, является выдача на оповещение «реальных» нарушителей в целях снижения служебной нагрузки на подразделения охраны. Однако выполнение данного требования не всегда представляется возможным в связи с технической ограниченностью предоставляемой дежурному по подразделению охраны информации.

Анализ опыта эксплуатации ТСО показал, что значения P_{mc_j} и P_{∂_j} стремятся к единице. Поэтому преимущественно в качестве $P_{o_{ij}}$ принимается значение заявленной технической

вероятности обнаружения, определяемой тактико-техническими характеристиками средства обнаружения.

Таким образом, если за значение вероятности обнаружения нарушителя P_{oi} принимать техническую вероятность обнаружения ТСО, находящегося на рубеже охраны, не учитываются различные факторы, которые могут выражаться специальными противодействиями нарушителя в интересах неправильного принятия решения об его обнаружении, случайным влиянием местных объектов зон ответственности, наличия объектов, не представляющих интерес и др.

Вышеописанные факторы приводят к повышению вероятности возникновения ошибок при принятии решения о наличии «реального» нарушителя дежурным по подразделению охраны [4].

Появление ошибки в решении можно формализовать как появление одного из событий, образованного совместным выполнением ряда условий, определяемых группами характеристик технических средств охраны и условиями их эксплуатации (5):

$$ОШ = ОШ_1 + ОШ_2 = H \cdot ПРОП + \overline{H} \cdot ЛТВ = H \cdot ОБ \cdot K + \overline{Ж} \cdot ОБ \cdot K + \Phi \cdot ЛСФ \cdot \overline{K}, \quad (5)$$

где $ОШ_1$ и $ОШ_2$ – ошибки первого и второго рода, H – появление нарушителя; $ПРОП$ – пропуск нарушителя, $ОБ$ – обнаружение нарушителя, K – правильная классификация причины сработки ТСО, $\overline{Ж}$ – появление животного в зоне обнаружения, $\Phi = (1-H-\overline{Ж})$ – функционирование ТСО в отсутствие воздействий от объектов, $ЛСФ$ – ложное срабатывание от фона.

В условиях активного противодействия нарушителя вероятность ошибочного функционирования средства охраны значительно меняется. При этом необходимо учитывать осведомленность нарушителя и возможность проведения им имитирующих действий в целях повышения вероятности своего необнаружения. Успешность проведения имитирующих действий нарушителем определим как I .

Имитирующие действия направлены на формирование ошибок первого и второго рода. Ошибки в принятии решения могут формироваться независимо от осведомленности нарушителя об охраняемой зоне ответственности, однако *ошибки первого рода* формируются при обязательном присутствии нарушителя, в то время как *ошибки второго рода* могут формироваться как в естественных условиях, так и в результате преднамеренных действий нарушителя. Отметим, что влияние на ошибки второго рода оказывают объекты, которые не являются нарушителями государственной границы (животные и т. п.), а также другие факторы (сильный ветер, град и др.).

Таким образом, ошибки первого (6) и второго (7) рода появляются при совместном выполнении нескольких событий:

$$ОШ_{1П} = H \cdot ОБ \cdot K \cdot \overline{I_n}, \quad (6)$$

$$ОШ_2 = ОШ_{2БП} + ОШ_{2П} = \overline{Ж} \cdot ОБ \cdot \overline{K} + \Phi \cdot ЛСФ \cdot \overline{K} + H \cdot I_{жс} \cdot ОБ \cdot \overline{K} + H \cdot I_{\phi} \cdot ЛСФ \cdot \overline{K}, \quad (7)$$

где $ОШ_{1П}$ – ошибка 1-го рода с учетом противодействия нарушителя, $ОШ_{2БП}$ – ошибка 2-го рода в отсутствие нарушителя, его противодействующих действий, $ОШ_{2П}$ – ошибка 2-го рода, появившаяся в результате противодействия нарушителя, I_n – успешность противодействий нарушителя в интересах его пропуска, $I_{жс}$ – успешность противодействий нарушителя в интересах ложной тревоги от животных, I_{ϕ} – успешность противодействий нарушителя в интересах ложной тревоги от фона.

Появление i -ых нарушителей есть события, сосуществующие и вместе, и отдельно, т. е. общая ошибка при принятии решения о наличии «реального» нарушителя может быть выражена, как (8):

$$ОШ = \sum_i ОШ_{1П_i} + \sum_i ОШ_{2П_i} + ОШ_{2БП} \quad (8)$$

Отметим, группы $ОШ_{1П}, ОШ_{2П}, ОШ_{2БП}, \{H, \overline{Ж}, \Phi\}, ОШ_{2П_i}, ОШ_{2П_i}$ – несовместные события, а $I_n, I_{жс}, I_{\phi}, ЛСФ$ – независимые.

Таким образом, вероятность появления ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя без учета его противодействующих мероприятий может быть выражена:

$$P_{ош_i} = P_{ош1_i} + P_{ош2_i} = P_{H_i}(1 - P_{о_{ij}}) + P_{ж}(1 - P_{проп_i}) + P_{ф}P_{лсф}, \quad (9)$$

где $P_{ош1_i}$ – вероятность пропуска i -го нарушителя в естественных условиях функционирования, $P_{ош2_i}$ – вероятность ложной тревоги в естественных условиях функционирования, P_{H_i} – вероятность появления i -го нарушителя, $P_{ж}$ – вероятность появления животного, $P_{проп_i} = \prod_i (1 - P_{о_{ij}})$ – вероятность пропуска i -го нарушителя, $P_{ф} = 1 - (P_{H_i} + P_{ж})$ – вероятность функционирования в отсутствие воздействий от нарушителей и животных, $P_{лсф}$ – вероятность ложной сработки от фона.

В случае вывода дежурному по подразделению охраны визуальной информации о месте сработки ТСО, появляется возможность определения причины сработки ТСО и определения наличия «реального» нарушителя. Тогда выражение (9) примет вид (10):

$$P_{ош} = P_{ош1_i} + P_{ош2_i} = P_{H_i}(1 - P_{о_{ij}}P_{к}) + P_{ж}(1 - P_{проп_i})(1 - P_{к}) + P_{ф}P_{лсф}(1 - P_{к}), \quad (10)$$

где $P_{к}$ – вероятность правильной классификации причины сработки ТСО.

Вероятности появления ошибок первого (11) и второго (12) рода, с учетом противодействия нарушителя примут следующий вид:

$$P_{ош1_{П_i}} = P_{H_i}(1 - P_{о_{ij}}P_{к}(1 - P_{у_{н_i}})), \quad (11)$$

где $P_{ош1_{П_i}}$ – вероятность пропуска i -го нарушителя с учетом его противодействия ТСО, $P_{у_{н_i}}$ – вероятность успешного противодействия i -го нарушителя в интересах ошибки 1-рода.

$$P_{ош2_{П_i}} = P_{H_i}P_{у_{ж_i}}(1 - P_{проп_i}(1 - P_{к})) + P_{H_i}P_{у_{ф_i}}P_{лсф}(1 - P_{к}) = P_{H_i}P_{у_{ж_i}}(1 - P_{проп_i}(1 - P_{к})) + P_{у_{ф_i}}P_{лсф}(1 - P_{к}), \quad (12)$$

где $P_{ош2_{П_i}}$ – вероятность появления ложной тревоги в результате противодействия i -го нарушителя, $P_{у_{ж_i}}$ – вероятность успешной имитации i -ым нарушителем сработки ТСО от животного, $P_{у_{ф_i}}$ – вероятность успешной имитации i -ым нарушителем сработки ТСО от фона.

Так как группы $\{ОШ_{1П_i}\}$ и $\{ОШ_{2П_i}\}$ – несовместные события, то общая вероятность ошибки принятия решения о наличии нарушителя определяется как (13):

$$P_{ош} = \sum_i P_{ош1_{П_i}} + \sum_i P_{ош2_{П_i}} + P_{ош2_i}. \quad (13)$$

С учетом (10) и (13) выражение (3) примет вид (14):

Значения составляющих выражение $P_{ош}$ возможно получить из данных о зарегистрированных сработках ТСО, учет которых ведется в каждом подразделении охраны.

$$P_{ош_{П_i}} = \left(1 - \prod_{j=1}^M (1 - P_{о_{ij}})\right)(1 - P_{ош}). \quad (14)$$

Зарегистрированные причины сработки ТСО на каждом отдельном участке зоны ответственности подразделения охраны, позволяют рассчитать вероятности сработок технических средств охраны от воздействия животных, ложных сработок от фона, вероятность появления нарушителя, а также вероятность успешной имитации различных воздействий.

Согласно [5], под вероятностью наступления события будем понимать отношение (15):

$$P = \frac{m}{n}, \quad (15)$$

где m – число сработок ТСО в зависимости от исследуемой причины, n – общее число сработок ТСО.

Заключение.

1. Проведено теоретическое описание подхода к оценке эффективности технических средств, выполняющих задачи охраны государственной границы. В целях повышения вероятности обнаружения «реального» нарушителя предложено совместно с вероятностью обнаружения ТСО учитывать вероятность возникновения ошибки при принятии решения о наличии «реального» нарушителя государственной границы дежурным по подразделению охраны.

2. Определены выражения для расчета данной ошибки при наличии на одном рубеже различных технических средств охраны, функционирующих как отдельно, так и в составе интегрированной системы контроля охраняемой территории. Данные выражения позволяют производить учет возможных имитирующих действий нарушителя, повышающие вероятность его необнаружения.

3. Представлен вариант определения показателей составляющих значение $P_{ош}$ на основе статистики сработки технических средств, применяемых для решения задач охраны государственной границы.

4. Предложенный подход позволит обосновывать выбор состава ТСО на конкретном участке государственной границы с точки зрения затрат минимально необходимых материальных средств и достижения необходимого уровня решения функциональных задач как при проектировании рубежей охраны, так и при совершенствовании имеющейся инфраструктуры.

Литература

1. Звежинский, С.С. Моделирование функциональной эффективности системы охраны периметра территориально распределенного объекта / С.С. Звежинский, В.А. Иванов, И.В. Парфенцев // Спецтехника и связь. – 2010. – № 1. – С. 15–19.
2. Звежинский, С.С. О сигнализационной надежности периметровых средств обнаружения / С.С. Звежинский // БДИ. – 2004. – № 2. – С. 32–38.
3. Гришко, В.Д. Подход к выбору структуры показателя эффективности варианта решения на охрану зоны ответственности подразделения / В.Д. Гришко, В.В. Колесников // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2010. – № 19. – С. 91–94.
4. Крюков, И.Н. Методика оценки эффективности функционирования территориально-распределенной радиотехнической системы охраны / И.Н. Крюков, А.Г. Шуалов, В.М. Ковалек // Радиотехника. – 2004. – № 2. – С. 81–87.
5. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2000. – 480 с.