



## ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**Д.Б. ДЕСЯТОВ**  
**А.В. ДУШКИН**  
**В.С. ЗАРУБИН**  
**В.П. ИРХИН**  
**В.И. НОВОСЕЛЬЦЕВ**  
**Ю.В. ЩЕРБАКОВА**

В работе дается обоснование способа оценки эффективности работы системы безопасности объекта на основе одного из ее показателей – вероятности защиты объекта от несанкционированных действий нарушителей.

Ключевые слова: система безопасности, нарушитель, эффективность.

*Воронежский институт  
Федеральной службы исполнения наказаний России*

*e-mail:  
a\_dushkin@mail.ru*

В настоящее время актуально стоит вопрос оценки эффективности работы системы безопасности (СБ) объектов. Под СБ будем понимать совокупность правовых норм, организационных мер и инженерно-технических решений, направленных на защиту жизненно-важных интересов и ресурсов охраняемого объекта от угроз, источниками которых являются злоумышленные (несанкционированные) воздействия физических лиц – нарушителей (террористов, преступников, экстремистов и др.) [1].

Для оценки эффективности работы СБ объектов целесообразно построить информационную модель безопасности объекта при возникновении на нем чрезвычайной ситуации и рассмотреть на ней вероятностно-временные соотношения.

На сегодняшний день используются различные показатели эффективности СБ, одним из которых является вероятность защиты объекта  $D_{ci}$  – комплексный показатель того, что силы группы оперативного реагирования (ГОР) пресекут несанкционированные действия нарушителей на объекте до момента окончания несанкционированной акции.

Показатель  $D_{ci}$  является функцией нескольких переменных и может быть определен как произведение вероятностей выполнения своей задачи каждой из составляющих СБ согласно следующему упрощенному выражению:

$$P_{zo} = P_{оби} \cdot P_{прд} \cdot P_{бртс} \cdot P_{сргор} \cdot P_{би}, \tag{1}$$

где  $P_{оби}$  – вероятность своевременного обнаружения вторжения нарушителей системой охранной сигнализации;

$P_{прд}$  – вероятность достоверной передачи сигнала тревоги силам ГОР;

$P_{бртс}$  – вероятность безотказной работы технических средств;

$P_{сргор}$  – вероятность своевременного развертывания ГОР в точке перехвата после получения сигнала тревоги;

$P_{би}$  – вероятность благоприятного исхода при столкновении ГОР с нарушителями.

Как следует из выражения (1), количественная оценка эффективности СБ представляет собой довольно сложную задачу и требует комплексного подхода.

Если допустить, что силы ГОР при столкновении с нарушителем всегда побеждают (а это можно достичь организационными мерами, зная угрозы и модель нарушителей), т.е. принять  $D_{ic} = 1$ , задачу можно несколько упростить. В результате получаем другой показатель эффективности – вероятность перехвата нарушителей силами ГОР  $P_{пер}$ :

$$P_{пер} = P_{оби} \cdot P_{прд} \cdot P_{бртс} \cdot P_{сргор}. \tag{2}$$

Такая оценка основана на сравнении времени действий нарушителя и сил ГОР с учетом характеристик составных частей комплекса инженерно-технических средств охраны (ИТСО).

По мнению авторов, показатель  $P_{пер}$  является достаточно объективной количественной оценкой эффективности СБ, поскольку позволяет решить задачу выбора оптимальной структуры СБ и ее основной составной части – комплекса ИТСО.

Учитывая, что современный уровень надежности технических средств комплекса ИТСО и достоверности передачи информации системой оперативной связи достаточно высок, значение составляющих  $P_{прд}$  и  $P_{бртс}$  на ранней стадии проектирования СБ с достаточной для практики точностью можно принять равными 1. Тогда выражение (2) значительно упрощается и принимает вид:

$$P_{пер} \approx P_{обн} \cdot P_{сргор}. \quad (3)$$

Не смотря на кажущуюся простоту выражения (3), определить численное значение показателя  $P_{пер}$  непросто. Сложность заключается в том, что обе его составляющие  $P_{обн}$  и  $P_{сргор}$  носят вероятностный характер и в свою очередь зависят от ряда факторов.

$P_{обн}$  зависит от характеристик и количества средств обнаружения несанкционированного проникновения и их размещения на территории объекта,  $P_{сргор}$  зависит от тактики сил ГОР, количества, мест установки и характеристик инженерных средств охраны (ИСО) на маршруте движения нарушителя.

Оценку вероятности своевременного развертывания сил ГОР в точке перехвата  $P_{сргор}$  осуществим на примере условного объекта. Допустим, что для достижения предмета защиты нарушитель должен преодолеть три рубежа пассивной защиты (ИСО<sub>1</sub>, ИСО<sub>2</sub>, ИСО<sub>3</sub>) и участок территории объекта, на которых произойдет задержка продвижения нарушителя во времени. Временная диаграмма последовательности действий нарушителей на объекте показана на рис. 1а, где  $t_{i_0}$  – начало вторжения;  $t_{i_1}$  – момент преодоления ИСО<sub>1</sub>;  $t_{i_2}$  – момент прибытия к ИСО<sub>2</sub>;  $t_{i_3}$  – момент преодоления ИСО<sub>2</sub>;  $t_{i_4}$  – момент прибытия к ИСО<sub>3</sub>;  $t_{i_5}$  – момент преодоления ИСО<sub>3</sub>;  $t_{i_6}$  – момент исполнения акции.

Общее время задержки продвижения нарушителей на объекте

$$T_{зно} = \sum_{i=1}^k T_{зч_i}. \quad (4)$$

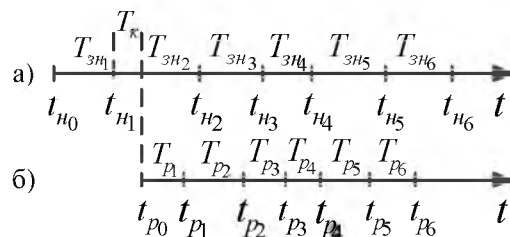


Рис. 1. Временные диаграммы движения нарушителей и ГОР на объекте

За первым ИСО установлено средство обнаружения СО<sub>1</sub>, которое регистрирует момент пересечения зоны обнаружения нарушителем. Если обнаружение произошло, на пульте охраны появляется сигнал тревоги. С этого момента начинается развертывание сил ГОР. Временная диаграмма последовательности развертывания сил ГОР представлена на рис. 1б, где  $t_{p_0}$  – момент срабатывания СО;  $t_{p_1}$  – оценка сигнала тревоги;  $t_{p_2}$  – передача сигнала ГОР;  $t_{p_3}$  – сборы ГОР по тревоге;  $t_{p_4}$  – движение к точке перехвата;  $t_{p_5}$  – начало нейтрализации нарушителя. Общее время развертывания сил ГОР:

$$T_{po} = \sum_{i=1}^m T_{p_i}. \quad (5)$$

Для определения  $P_{ср}$  необходимо сравнить  $T_{до}$  и  $T_{сi}$ , но для сравнения необходимо брать не общее время нахождения нарушителей на объекте  $T_{сio}$ , а интервал от момента обнаружения (точка  $k$ ) до момента исполнения акции, т.е.

$$T_{знк} = \sum_{i=k}^n T_{зн_i} \text{ или } T_{знк} = \sum_{i=1}^n T_{зн_i} - \sum_{i=1}^k T_{зн_i}. \tag{6}$$

Очевидно, что для перехвата нарушителей должно выполняться условие

$$T_{знк} \geq T_{ро} \text{ или } \Delta T = T_{знк} - T_{ро} \geq 0, \tag{7}$$

где  $\Delta T$  – разница между временем задержки нарушителей на объекте и временем развертывания сил ГОР.

Соответственно вероятность своевременного развертывания сил ГОР в точке перехвата:

$$P_{сргоп} = P(T_{знк} > T_{ро}) \text{ или } P_{сргоп} = P(\Delta T > 0). \tag{8}$$

На временных диаграммах  $T_{зн_i}$  и  $T_{р_i}$  взяты как постоянные детерминированные величины. Однако в действительности все составляющие этих диаграмм величины случайные, так как при выполнении каждой операции и нарушителями, и охраной будут возникать факторы, произвольным образом ускоряющие или замедляющие процесс выполнения операции. Таким образом,  $T_{зн_i}$  и  $T_{р_i}$  необходимо выражать: математическим ожиданием (средним значением)  $T_{мзн_i}$  и  $T_{мр_i}$ , среднеквадратическим отклонением  $\sigma_{зн_i}$  и  $\sigma_{р_i}$  и законом распределения случайной величины. В соответствии с правилами проведения математических операций со случайными величинами

$$T_{мзн} = \sum_{i=k}^n T_{мзн_i} \text{ и } \sigma_{зн} = \sqrt{\sum_{i=k}^n \sigma_{зн_i}^2}, \tag{9}$$

$$T_{мро} = \sum_{i=1}^m T_{мр_i} \text{ и } \sigma_{ро} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_{р_i}^2}, \tag{10}$$

где  $T_{мзн}$  – математическое ожидание времени нахождения нарушителей на объекте после их обнаружения;

$T_{мро}$  – математическое ожидание времени развертывания сил ГОР;

$\sigma_{зн}$  и  $\sigma_{ро}$  – суммарные средне-квадратические отклонения соответственно  $T_{мзн}$  и  $T_{мро}$ .

Соотношение между  $T_{мзн}$  и  $T_{мро}$  может получиться любым. На рис. 2 специально изображен случай, когда  $T_{мзн} > T_{мро}$ , т.е. если оценивать ситуацию по средним значениям  $T_{мзн}$  и  $T_{мро}$ , то силы ГОР осуществляют перехват нарушителей. Но, как следует из рисунка (заштрихованный участок), могут возникать случаи, когда  $T_{мзн} < T_{мро}$ , т.е. перехват не состоится.

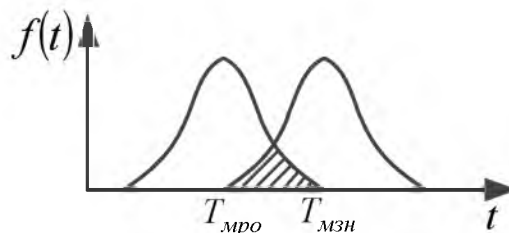


Рис. 2. Представление  $T_{мзн}$  и  $T_{мро}$  в форме случайных величин

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение для  $\Delta T$  определяются как

$$\Delta T_m = T_{мзн} - T_{мро} \text{ и } \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{зн}^2 + \sigma_{ро}^2}. \quad (11)$$

Следует отметить, что в действительности  $\Delta T$  может занимать любое положение относительно начала координат, но для конкретной СБ это положение будет тоже конкретным. Исходя из (8),  $P_{срор} = P(\Delta T > 0)$ . Следовательно, необходимо найти вероятность попадания  $\Delta T$  на этот участок.

Для этого произведем замены символов  $\Delta T$  на  $X$ ,  $\Delta T_m$  на  $m$ ,  $f(\Delta T)$  на  $f(X)$  и  $\sigma_{\Delta}$  на  $\sigma$ . Вероятность попадания случайной величины  $X$ , подчиненной нормальному закону с математическим ожиданием  $m$  и среднее квадратическим отклонением  $\sigma$ , на участках от  $\alpha$  до  $\beta$  производится следующим образом. Используется общая формула

$$P(\alpha < X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha), \quad (12)$$

где  $F(X)$  – функция распределения величины  $X$ .

При нормальном законе распределения

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (13)$$

В интеграле производим замену переменной

$$\frac{x-m}{\sigma} = t, \quad (14)$$

где  $t$  – условный символ, а не время.

Тогда формула приводится к виду

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{x-m}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (15)$$

Интеграл не выражается через элементарные функции, но его можно вычислить через специальную функцию, выражающую определенный интеграл от выражения  $e^{-\frac{t^2}{2}}$  (интеграл вероятностей), для которого составлены таблицы. Существует много разновидностей таких функций, но мы воспользуемся функцией вида

$$\Phi^*(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (16)$$

Она представляет собой функцию распределения для нормально распределенной случайной величины с параметрами  $m=0$ ,  $\sigma=1$  (нормальная функция распределения). Для этой функции составлены таблицы [2-4]. Выразим  $F(X)$  с параметрами  $m$  и  $\sigma$  через нормальную функцию распределения  $\hat{O}^*(X)$ .

Очевидно

$$F(X) = \hat{O}^*\left(\frac{x-m}{\sigma}\right). \quad (17)$$

Вероятность попадания случайной величины  $X$  на участок от  $\alpha$  до  $\beta$

$$P(\alpha < X < \beta) = \hat{O}^*\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right) - \hat{O}^*\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right). \quad (18)$$

Как и всякая функция распределения, функция  $\hat{O}^*(X)$  обладает следующими свойствами:  $\hat{O}^*(-\infty) = 0$ ,  $\hat{O}^*(+\infty) = 1$ ,  $\hat{O}^*(X)$  – неубывающая функция,  $\hat{O}^*(-X) = 1 - \hat{O}^*(X)$ .



Теперь вернемся к условию  $P_{сргор} = P(\Delta T > 0)$ , то есть необходимо определить вероятность того, что случайная величина  $\Delta T$  попадет на весь участок правее нуля. Следовательно,  $\alpha = 0$ , а  $\beta \rightarrow \infty$ . Тогда

$$\hat{O}^*\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) \rightarrow \hat{O}^*(+\infty) = 1$$

и

$$P_{сргор} = 1 - \Phi^*\left(\frac{-\Delta T_{мзн} \Sigma}{\sigma_{зн} \Sigma}\right). \tag{19}$$

Пользуясь формулой (19) и соответствующими таблицами [2, 3], можно определить численное значение  $P_{сргор}$ .

Теперь мысленно будем помещать начало координат в характерные точки, указанные в табл. 1.

Табл. 1 позволяет ориентировочно определить ожидаемый уровень  $P_{сргор}$  уже на этапе нахождения  $\Delta T$  и  $\sigma_{\Delta}$ .

Таблица 1

Начало координат	-3σ	-2σ	-σ	0	σ
$\Delta T_{взн} \Sigma$	> 0	> 0	> 0	0	< 0
$P_{сргор}$	0,997	0,98	0,84	0,5	0,16

Значения  $2\sigma$  и  $3\sigma$  не указаны в таблице, т.к. значения  $P_{сргор}$  в этих случаях не удовлетворительны для любой СФЗ.

Учитывая, что  $\hat{O}^*(-X) = 1 - \hat{O}^*(X)$ , формула (19) преобразуется в

$$P_{сргор} = \Phi^*\left(\frac{\Delta T_{мзн} \Sigma}{\sigma_{зн} \Sigma}\right). \tag{20}$$

Расчет по этой формуле целесообразно вести только для положительных значений  $\Delta T_{мзн} \Sigma$ , учитывая, что значение  $P_{сргор} < 0,5$  не считается удовлетворительным для любой СБ [5].

Таким образом, в работе дано описание информационной модели безопасности объекта при возникновении на нем чрезвычайной ситуации и рассмотрены вероятностно-временные соотношения.

### Список литературы

1. Душкин А.В. Методическое обеспечение системы выявления несанкционированных воздействий на информационные телекоммуникационные системы специального назначения в условиях ограничения временного ресурса. Монография. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 192 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Высшая школа, 2003. – 405 с.
4. Воронов Е.В., Ланкин О.В., Сумин В.И. Системно-комплексный подход к формированию методологических основ интеллектуальной защиты информации от несанкционированного доступа // Вестник ВГТУ. 2011. №8. С. 174-177.
5. Жилияков Е.Г. Параллельные вычисления приближенных решений интегральных уравнений Фредгольма первого рода / Е.Г. Жилияков, А.И. Скандаков, Ю.А. Калашникова, О.Н. Иванов // Научные ведомости БелГУ. – 2012. – №1. – С. 144-150.

## **ON INFORMATION SECURITY MODEL OBJECT AT TAMPERING**

**D.B. DESYATOV**  
**A.V. DUSHKIN**  
**V.S. ZARUBIN**  
**V.P. IRKHIN**  
**V.I. NOVOSELTSEV**  
**YU.V. SHCHERBAKOVA**

*Voronezh Institute  
of the Russian Federal  
Penitentiary*

*e-mail:  
a\_dushkin@mail.ru*

We justify the method for evaluating the effectiveness of the security system of the object based on one of its parameters – the probability of asset protection from unauthorized cheaters.

Keywords: security system, the offender, the effectiveness.