

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗВЕЩАТЕЛЕМ

В.В. Волхонский, П.А. Воробьев

Предложена методика оценки вероятности обнаружения оптико-электронным извещателем. Выполнено исследование плотности распределения вероятности расстояния обнаружения несанкционированного проникновения. Получены экспериментальные данные, позволяющие оценить вероятность обнаружения при различных параметрах движения нарушителя.

**Ключевые слова:** вероятность обнаружения, оптико-электронный извещатель, охраняемый объект.

### Введение

Эффективность любой системы безопасности в значительной мере зависит от параметров устройств обнаружения угроз и, в частности, от вероятности обнаружения этими устройствами несанкционированных действий. Одним из наиболее распространенных устройств обнаружения такой угрозы, как несанкционированное проникновение, является оптико-электронный извещатель (следуя терминологии [1]) или пассивный инфракрасный датчик (по принятой в других странах, а также и России, терминологии).

Как известно, вероятность обнаружения несанкционированного проникновения (НП) такими устройствами существенно зависит от параметров движения, в том числе от скорости и направления движения [2]. Наилучшим характеристикам обнаружения соответствует движение поперек диаграммы обнаружения. Такие же условия установлены для проверки подобных устройств в государственном стандарте [1] и в европейском стандарте [3]. Ясно, что в реальных условиях это далеко не всегда соблюдается. В [4] рассматриваются особенности решения задачи синтеза структуры средств обнаружения с точки зрения минимизации влияния на средства обнаружения различных воздействий, применяемых нарушителем, но без учета оценки степени уменьшения вероятности обнаружения НП. Представляется целесообразной разработка методики количественной оценки вероятности обнаружения таких устройств в разных условиях реализации НП. Это позволит корректнее решать задачи анализа и синтеза структуры средств обнаружения рассматриваемых угроз и оценки их эффективности.

### Методика оценки вероятности обнаружения

Очевидно, что вероятность обнаружения НП  $\hat{P}_{\text{Обн.}}$  будет зависеть от продолжительности нахождения нарушителя в зоне обнаружения, скорости и траектории его движения, условий окружающей среды и других параметров. В соответствии с разделом «Методы испытаний» государственного стандарта [1], «...извещатель должен обнаруживать движение (выдавать извещение о проникновении) стандартной цели (человека), перемещающейся в пределах зоны обнаружения поперечно ее боковой границе в диапазоне скоростей 0,3–3 м/с (0,1–5,0 м/с для извещателей для открытых площадок) на расстояние до 3 м. При этом расстояние между извещателем и целью (человеком) должно оставаться постоянным». Однако стандарт не учитывает, во-первых, требования к другим направлениям движения и, во-вторых, вероятностный характер обнаружения. Таким образом, представляется целесообразным переход к вероятностной методике оценки обнаружения.

Основываясь на вышеупомянутом методе испытаний [1], можно говорить о пройденном нарушителем расстоянии  $X_{\text{Обн.}}$  от начала зоны обнаружения  $X_0$  (когда начинается воздействие на контролируемый физический параметр) до точки обнаружения при квазистационарной, т.е. с близкой к постоянной, скорости его движения ( $v$ ). Оценка  $\hat{P}_{\text{Обн.}}$  такой случайной величины, как значение вероятности обнаружения НП  $\hat{P}_{\text{Обн.}}$ , может быть получена на основе использования закона распределения  $F(x_{\text{Обн.}})$  расстояния обнаружения  $x_{\text{Обн.}}$  (т.е. пути, пройденного нарушителем по зоне обнаружения). В свою очередь, оценка закона распределения (в частности, плотности  $p(x_{\text{Обн.}})$  распределения вероятности  $x_{\text{Обн.}}$ ) и его числовых характеристик может быть получена на основе экспериментальных исследований с последующей аппроксимацией выборочных оценок.

Таким образом, вероятность обнаружения НП  $\hat{P}_{\text{Обн.}}$  в некоторой зоне можно характеризовать интегралом от плотности распределения вероятности расстояния обнаружения

$$\hat{P}_{\text{Обн.}} = \int_{X_0}^{X_{\text{Обн.}}^{\text{max}}} p(x_{\text{Обн.}}) dx_{\text{Обн.}}$$

от начала зоны обнаружения  $X_0$  до максимально допустимого расстояния обнаружения  $X_{\text{Обн.}}^{\text{max}}$ . Это расстояние в соответствии с [1] составляет 3 м.

Заметим, что из выражения для  $\hat{P}_{Обн.}$  следует, что вследствие какого-либо ограничения размеров зоны обнаружения может заметно уменьшиться вероятность обнаружения (увеличиться вероятность пропуска цели), поскольку при этом верхний предел  $X_{Обн.}^{max}$  интегрирования становится фиксированным  $X_{Обн.}^{max} = X_{Зон.}$ , определяемым размером  $X_{Зон.}$  зоны обнаружения, ограниченным, к примеру, размерами помещения.

Очевидно, что при этом в любом случае минимальный размер зоны обнаружения не должен быть меньше требуемого, т.е. значение  $X_{Зон.}$  не должно быть меньше, чем  $X_{Обн.}^{min}$ , определяемого техническими параметрами конкретного устройства обнаружения. Таким образом, в идеальном случае  $X_{Зон.} \gg X_{Обн.}^{min}$ . Например, если пассивный инфракрасный датчик, контролирующий коридор, требует по технической документации для обнаружения пересечения не менее двух пар лучей диаграммы направленности, а маршрут преступника позволяет, двигаясь поперек, пересечь только одну пару лучей, то обнаружение становится практически невозможным.

Также очевидна зависимость закона распределения и (или) его числовых характеристик от окружающих условий [2], характера движения нарушителя и возможных способов его воздействия (как активных, так и пассивных) на систему безопасности, в частности, на средства обнаружения [4]. Например, использование одного из наиболее эффективных способов избежать обнаружения пассивным инфракрасным (ПИК) датчиком – движение с низкой или высокой скоростью (ниже стандартного предела 0,3 м/с или выше 3 м/с). Аналогичная ситуация будет иметь место в случае применения другого пассивного способа «обхода» ПИК датчика – использования плотной одежды, уменьшающей уровень инфракрасного излучения. Применительно к плотности распределения вероятности это может привести к увеличению среднего значения и дисперсии. Следствием будет уменьшение вероятности обнаружения.

### Результаты эксперимента

Предложенная методика проверена экспериментально на оптико-электронном извещателе при следующих условиях. В качестве цели использовался человек, одетый в джинсовые штаны и рубашку с длинным рукавом, ростом 180 см и массой тела 75 кг. Температура фона 26°C. Направление движения – тангенциальное по отношению к оси сегментов диаграммы обнаружения и радиальное по отношению к извещателю. Скорость движения цели составляла 0,3; 1,5 и 3 м/с. Среднеквадратическое отклонение реальной скорости движения цели от заданной составила для скоростей движения 0,3; 1,5 и 3 м/с значения 0,00074; 0,037 и 0,019 м/с соответственно.

На рис. 1 приведены гистограммы выборок расстояния обнаружения для тангенциального (рис. 1, а) и радиального (рис. 1, б–г) направлений движения цели. Гистограмма для тангенциального направления движения приведена только для одного значения скорости движения, поскольку результаты для других скоростей были близки. Таким образом, при движении цели в направлении, установленном в стандарте для испытаний, требования [1] выполняются, и выборочная оценка  $\hat{P}_{Обн.}$  вероятности обнаружения равна единице.

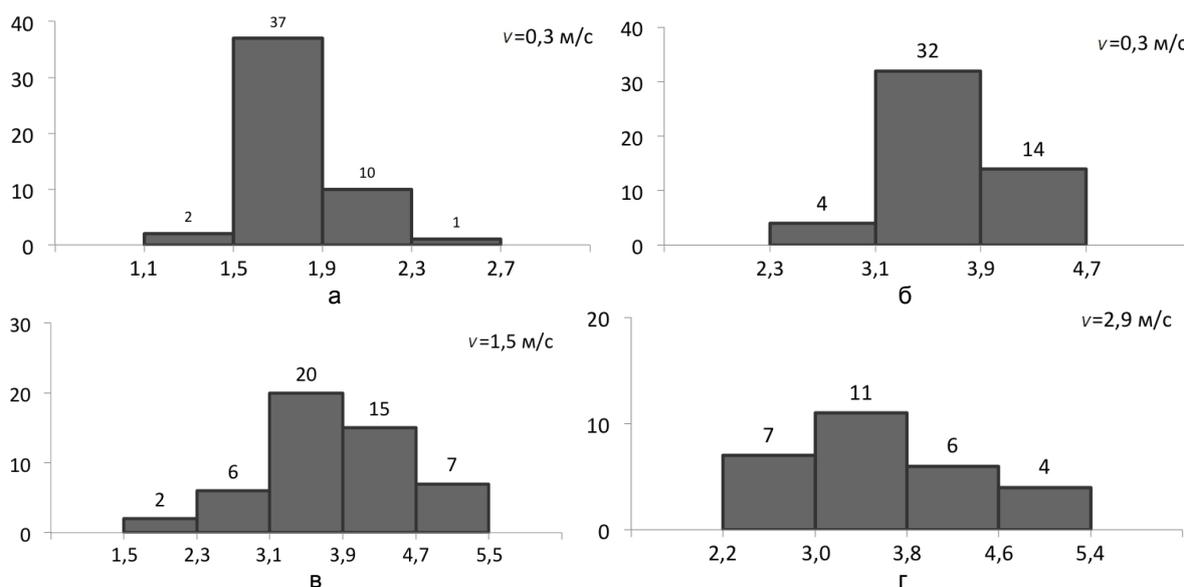


Рис. 1. Гистограммы выборок: тангенциальное направление (а); радиальное направление движения цели (б–г). По горизонтали – расстояние обнаружения, м

При радиальном направлении движения происходит заметное увеличение как среднего значения, так и дисперсии расстояния обнаружения, причем изменение дисперсии более существенно. Рис. 2 иллюстрирует характер зависимостей выборочных оценок  $\hat{m} = \varphi(v)$  среднего значения расстояния обнаружения (рис. 2, а) и  $\hat{\sigma} = \psi(v)$  – среднеквадратического отклонения при разных скоростях  $v$  движения цели (рис. 2, б).

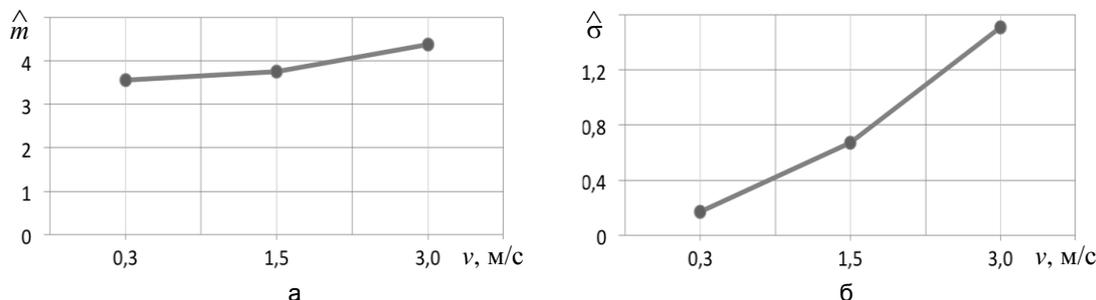


Рис. 2. Характер изменения выборочных оценок: среднего значения (а); среднеквадратического отклонения (б)

Увеличение среднего значения и дисперсии приводит к уменьшению вероятности обнаружения НП. На рис. 3 показаны зависимости оценки  $\hat{P}_{\text{Обн.}} = \varphi(x_{\text{Обн.}})$  вероятности обнаружения от расстояния обнаружения для различных скоростей движения цели.

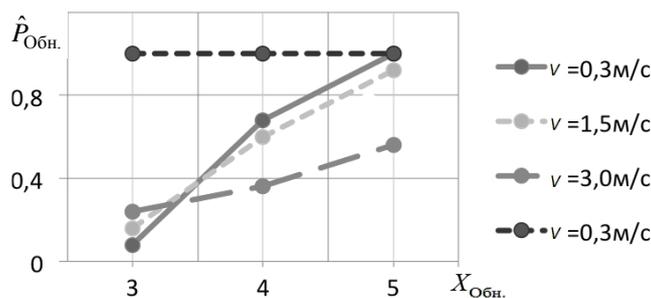


Рис. 3. Влияние расстояния, пройденного целью, на вероятность обнаружения

Таким образом, можно говорить о существенном снижении вероятности обнаружения на заданном стандартом расстоянии в 3 м, пройденном целью. Так, для достижения значения вероятности обнаружения, близкого к единице, цель должна преодолеть практически вдвое большее расстояние по зоне обнаружения, что может не выполняться при ограниченном размере зоны обнаружения. Полученные результаты полностью подтверждают правильность аналитических рассуждений, приведенных выше. Несмотря на то, что экспериментальные результаты соответствуют конкретному образцу извещателя, они свидетельствуют о важности выполнения вероятностной оценки для других средств обнаружения на основе предложенной выше методики.

### Заключение

Предложена методика оценки эффективности средств обнаружения, позволяющая получить оценки вероятности обнаружения при различных параметрах движения цели. Методика может быть использована для средств обнаружения различного типа.

Получены экспериментальные данные, подтверждающие предложенную методику и позволяющие оценить вероятность обнаружения несанкционированного проникновения оптико-электронным извещателем при различных параметрах и направлениях движения нарушителя.

Показано, что при радиальном движении на извещатель может существенно уменьшиться вероятность обнаружения. Аналогичный эффект имеет место при пространственном ограничении размеров зоны обнаружения.

Показано, что дисперсия вероятности обнаружения заметно возрастает при отклонении направления движения от тангенциального по отношению к оси сегментов диаграммы обнаружения; как следствие, падает вероятность обнаружения. Это свидетельствует о целесообразности уменьшения не только среднего значения, но и дисперсии расстояния обнаружения. Полученные результаты дают возможность

аргументированного выбора расположения на объекте средств обнаружения несанкционированного проникновения и оценки их эффективности при разных параметрах движения нарушителя.

#### Литература

1. ГОСТ Р 50777–95. Системы тревожной сигнализации. Ч. 2. Требования к системам охранной сигнализации. Раздел 6. Пассивные опико-электронные инфракрасные извещатели для закрытых помещений и открытых площадок. – Введ. 01.01.1996. – М.: Госстандарт России, 1996. – 25 с.
2. Волхонский В.В. Извещатели охранной сигнализации. Изд. 4-е, доп. и перераб. – СПб: Экополис и культура, 2004. – 272 с.
3. EN 50131-2-2. Alarm systems – Intrusion systems – Part 2-2: Requirements for passive infrared detectors. Approved 2004-05-04. CENELEC. – 38 p.
4. Волхонский В.В., Крупнов А.Г. Особенности разработки структуры средств обнаружения угроз охраняемому объекту // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 4 (74). – С. 131–136.

*Волхонский Владимир Владимирович*

– Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, профессор, volkhonski@mail.ru

*Воробьев Павел Андреевич*

– Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем, инженер-программист, doall88@gmail.com