

# МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

**В. В. Волхонский<sup>а</sup>**, доктор техн. наук, доцент

**С. Л. Малышкин<sup>а</sup>**, аспирант

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, РФ

**Постановка проблемы:** основным показателем эффективности средств обнаружения систем физической защиты является вероятность обнаружения нарушителя. Получение объективной оценки этого параметра сопряжено с такими трудностями, как субъективизм экспертных оценок и сложность использования экспериментальных результатов, особенно в задачах математического моделирования. **Цель исследования:** выбор и разработка объективных критериев эффективности и методики их применения в практических задачах анализа типовых средств обнаружения. **Методы:** структурирование диаграмм направленности на зоны необнаружения, обнаружения и уверенного обнаружения с оценкой их формы и размеров. **Результаты:** общие критерии достижения требуемой вероятности обнаружения при минимальном уровне ложных тревог и несовместности воздействий нарушителя на средства обнаружения дополнены сформулированными критериями полного перекрытия зоны обнаружения диаграммой направленности и минимума максимального расстояния обнаружения. Последовательное применение метода структурирования зон, оценки их формы и размеров и анализа вероятности обнаружения по сформулированным критериям может использоваться как методика оценки эффективности. Анализ по этой методике наиболее распространенных одиночных пассивных инфракрасных и радиоволновых извещателей и различных их пространственных структур, а также комбинированных извещателей показал, что как сами извещатели, так и их структуры в определенных условиях, в частности при радиальном направлении движения для пассивных инфракрасных и тангенциальном для радиоволновых устройств обнаружения нарушителя, имеют низкую вероятность обнаружения. Хотя и в меньшей степени, это относится и к комбинированным устройствам. Наиболее полно сформулированным критериям соответствуют ортогональные разнесенные комбинированные извещатели.

**Ключевые слова** — вероятность обнаружения, эффективность, зона обнаружения, средства обнаружения, извещатель, система физической защиты.

## Введение

Вопросы обеспечения безопасности различных объектов, в первую очередь, таких как критической инфраструктуры, информатизации (каковыми в настоящее время, по сути, является подавляющее большинство объектов), культурного наследия и т. п. являются весьма важными. Один из важнейших элементов практически любой системы безопасности (информационной, антитеррористической, противокриминальной и др.) — это система физической защиты (СФЗ).

Для обнаружения несанкционированного проникновения (НП) нарушителя обычно используют систему охранной сигнализации как одну из важных составляющих СФЗ [1, 2]. При разработке и анализе эффективности таких систем первоочередной целью является достижение требуемой эффективности обнаружения НП. При решении этой задачи необходимо учитывать не только особенности выбора типа и мест установки средств обнаружения (СО), но и возможные методы воздействия на СО СФЗ квалифицированного нарушителя, обладающего априорными знаниями о принципах функционирования и параметрах СО, что снижает возможность его обнаружения. Поэтому очень

важно иметь объективную оценку эффективности функционирования СО при тех или иных видах действий нарушителя. Это позволяет, во-первых, разрабатывать более эффективные СФЗ, во-вторых, оценивать эффективность существующих систем и, наконец, осуществлять объективное сравнение разных систем и различных типов СО.

На основе методики [3] получения оценок вероятности обнаружения нарушителя при разных условиях проникновения исследуется [4, 5] вероятность обнаружения несанкционированного проникновения пассивными инфракрасными (ПИК) и комбинированными извещателями при различных направлениях и скоростях движения нарушителя. Но это исследование выполнено без привязки к структуре СО на объекте. Кроме того, использование экспериментальных данных работы [5] делает затруднительным математическое моделирование процессов проникновения и обнаружения. А другой распространенный подход к оценке ВО — применение экспертных оценок, — как известно, не обладает достаточной степенью объективности.

Различные варианты структур средств обнаружения на объекте рассматриваются в работах [6–9], однако выводы и рекомендации в них де-

лаются на основе общих рассуждений или опыта установки и эксплуатации различного типа СО, но не корректных методов оценки эффективности таких средств. Кроме того, для рассмотренных вопросов построения структуры СО на охраняемом объекте не выполнен анализ возможностей пропуска нарушителя при использовании им основных приемов, позволяющих ему остаться необнаруженным или, по крайней мере, снизить вероятность обнаружения.

Таким образом, возникают следующие задачи. Во-первых, выбора объективных критериев оценки эффективности, справедливых для различных типов СО и разных условий. Во-вторых, разработки методики применения этих критериев в задачах анализа и синтеза как собственно СО, так и структуры этих средств в составе СФЗ. И, в-третьих, практического применения этой методики к различным типам СО и структурам этих средств на объекте обеспечения физической безопасности.

Поскольку в настоящее время наиболее широко используемыми для обнаружения проникновения являются пассивные инфракрасные и радиоволновые (РВ) извещатели, то имеет смысл использовать их как примеры практических приложений. Тем более эти принципы обнаружения (ПИК и РВ) являются основой еще одного типа извещателей — комбинированных, также имеющих широкое применение на практике. Хотя многие результаты, полученные авторами, могут применяться и для других типов СО.

### Основные критерии оценки

Основными критериями оценки эффективности для оптимизации структуры и алгоритмов работы СО НП может служить, прежде всего, достижение требуемой вероятности обнаружения  $P_{об}$ , а также низкой вероятности ложной тревоги  $P_{л.т}$  и защищенности СО, т. е. способности сохранять свои характеристики при тех или иных приемах, применяемых нарушителем для преодоления системы охранной сигнализации.

Однако требования к реализации желаемых значений  $P_{об}$  и  $P_{л.т}$  противоречивы, поскольку увеличение вероятности обнаружения связано с необходимостью повышения чувствительности, в свою очередь приводящей к увеличению вероятности ложного срабатывания. И наоборот, снижение вероятности ложного срабатывания ведет к необходимости снижения чувствительности с соответствующим уменьшением вероятности обнаружения НП. Как известно, основное решение, позволяющее реализовать компромисс между вероятностями обнаружения и ложной тревоги, достигается путем использования комбинированных устройств [10].

В общем случае вероятность обнаружения будет функцией нескольких основных параметров. К числу наиболее важных можно отнести, прежде всего, эффективную отражающую/излучающую поверхность  $G_{эф}$  нарушителя, скорость  $v$ , направление движения нарушителя, которое можно характеризовать углом  $\varphi$  относительно направления на СО, а также совокупность  $O^i$  контролируемых СО параметров объекта. Тогда вероятность обнаружения можно записать как функцию перечисленных выше параметров  $P_{об}(G_{эф}, v, \varphi, O^i)$ . Вероятность  $P_{л.т}$  зависит от выбора параметров  $O^i$  и наличия совокупности факторов  $E^j$ , подобных по воздействию окружающей среде [11] как основной причине ложных тревог. Таким образом, в общем случае надо решать задачу выбора характеристик и параметров СО, а также структуры СО для оптимизации  $P_{об}$  и  $P_{л.т}$  по определенному критерию  $\Psi$ , например минимаксному:

$$\Psi \left\{ \max \left[ P_{об} \left( G_{эф}, v, \varphi, O^i \right) \right], \min \left[ P_{л.т} \left( O^i, E^j \right) \right] \right\}. \quad (1)$$

В частном случае, тем не менее, широко используемом на практике, можно обратиться к критерию достижения требуемого значения ВО при минимальном уровне ложных тревог.

Применение критерия (1) не исключает необходимости выполнения и критерия несовместности эффективных воздействий  $S_n^{j\text{эф}}$  на  $j$ -е СО и  $S_l^{k\text{эф}}$  на  $k$ -е СО нарушителем для снижения вероятности обнаружения, предложенного в работе [11]:

$$\bigcup_{n \in N} S_n^{j\text{эф}} \cap \bigcup_{l \in L} S_l^{k\text{эф}} = \emptyset, \quad j \in J, k \in K. \quad (2)$$

В этом выражении совокупность эффективных воздействий нарушителя  $S_n^{j\text{эф}}$  включает в себя множество  $\mathbf{B}^j = [B_1^j, B_2^j, \dots, B_M^j]$  из  $M$  возможных пассивных способов воздействия  $B_n^j$  на  $j$ -е СО и совокупность  $L$  активных способов воздействия  $\mathbf{A}^j = [A_1^j, A_2^j, \dots, A_L^j]$  на  $j$ -е СО.

Ограничимся случаем учета влияния факторов окружающей среды  $E^j$  и пассивных воздействий нарушителя  $\mathbf{B}^j$  в силу специфики применения активных воздействий.

Заметим, что выполнение критерия (2) требуется как при разработке самих извещателей, так и при формировании их структуры на объекте. Из числа возможных приемов нарушителя, снижающих вероятность его обнаружения, рассмотрим, прежде всего, такой наиболее доступный и эффективный способ воздействия нарушителя на один из каналов обнаружения, как выбор направления движения, при котором чувствительность одиночных СО или одного из каналов

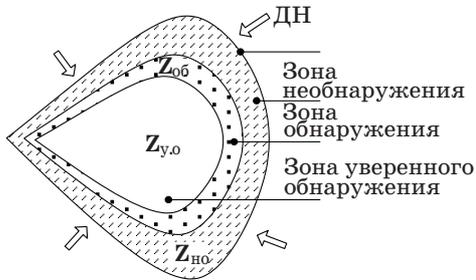
обнаружения комбинированных СО минимальна. Принимая во внимание ограничение диапазона скоростей движения, можно считать  $v = \text{const}$  и  $G_{\text{эф}} = \text{const}$ , тогда критерий (1) упрощается и принимает вид

$$\Psi \left\{ \left[ P_{\text{об}}^3(\varphi, \mathbf{O}^i) \right], \min \left[ P_{\text{л.т}}(\mathbf{O}^i, \mathbf{E}^j) \right] \right\}. \quad (3)$$

При необходимости учет параметров  $v$  и  $G$  может быть выполнен по критерию, аналогичному (3) при  $\varphi = \text{const}$ .

### Структура и параметры зон обнаружения

Применение критериев (1) и (3) к выбранным типам СО требует формализации структуры зон обнаружения этих средств. Воспользуемся подходом [13], основанным на структурировании диаграммы направленности (ДН) на зоны, в которых обнаружение нарушителя возможно с разной вероятностью: зона уверенного обнаружения с вероятностью не менее заданной; зона обнаружения с вероятностью менее заданного уровня и зона необнаружения, в которой уровень воздействия и (или) его продолжительность недостаточны для принятия решения об обнаружении. В этом случае ДН будет соответствовать зоне, в которой обнаружение возможно, но с раз-



■ Рис. 1. Структура диаграммы направленности

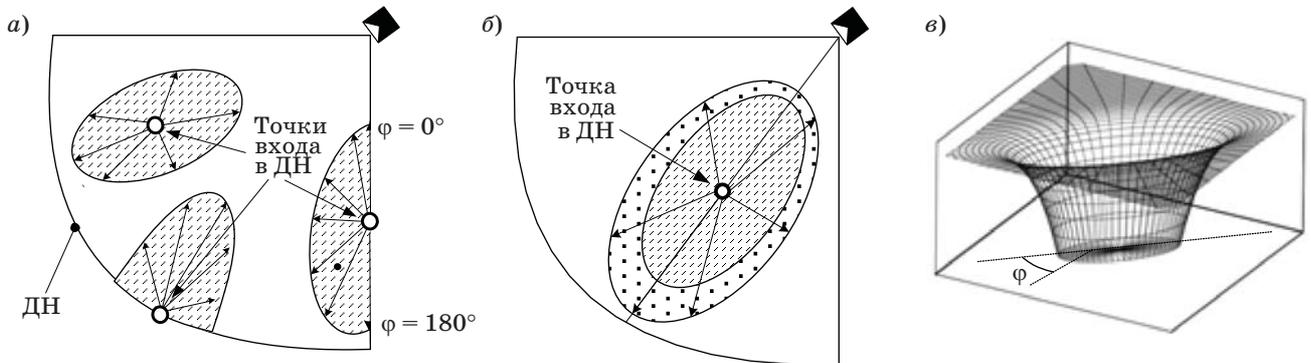
ной вероятностью, в том числе ниже заданной. Рис. 1 иллюстрирует сказанное для направления входа в ДН перпендикулярно ее границе, т. е. для  $\varphi = 0^\circ$  (в направлении на СО) или для  $\varphi = 90^\circ$  (сбоку ДН).

При этом ДН может быть представлена как множество пространственных точек  $Z_{\text{ДН}}$ , включающее в себя подмножества точек зон  $Z_{y.o}$  уверенного обнаружения,  $Z_{\text{об}}$  обнаружения и  $Z_{\text{но}}$  необнаружения:  $Z_{\text{ДН}} \subset Z_{y.o} \cap Z_{\text{об}} \cap Z_{\text{но}}$ . Очевидно, что множество точек зоны уверенного обнаружения  $Z_{y.o}$  может быть получено как результат разности множества  $Z_{\text{ДН}}$  и суммы подмножеств  $Z_{\text{об}}$  и  $Z_{\text{но}}$ , т. е.  $Z_{y.o} = Z_{\text{ДН}} \setminus (Z_{\text{об}} \cup Z_{\text{но}})$ .

С точки зрения вероятных способов НП необходимо учитывать возможности проникновения как извне, так и изнутри ДН. Исследования [5] позволяют сделать оценку характера формы зон уверенного обнаружения, обнаружения и необнаружения. На рис. 2, а показан случай входа нарушителя в ДН сбоку, т. е. поперек ДН, навстречу извещателю или внутри ДН с последующим произвольным направлением движения. Форма зон, в частности интересующая нас в первую очередь зона уверенного обнаружения, будет зависеть (при  $\varphi = \text{const}$ ,  $v = \text{const}$ ) от направления движения относительно СО, т. е. от значения угла  $\varphi$ .

Анализ возможной тактики поведения нарушителя при квалифицированном проникновении на объект позволяет говорить о необходимости учета возможности проникновения с любого направления [12]. Такой случай с точкой входа внутри ДН (рис. 2, б) является наиболее общим, другие — либо при входе в ДН на ее границе, либо при ограничении ДН размерами контролируемого помещения — можно рассматривать как частные случаи.

Более наглядным может быть трехмерное представление функции распределения расстояния обнаружения  $F_{\text{об}}(L_{\text{ц}}, \varphi)$ ,  $v = \text{const}$  (рис. 2, в) аналогичен двумерному графическому представлению на рис. 2, б).



■ Рис. 2. Зоны необнаружения с произвольными точками входа (а) и точкой входа внутри ДН в двумерном (б) и трехмерном (в) представлении

Заметим, что диаграммы на рис. 2 иллюстрируют форму зон, но не отражают распределение вероятности обнаружения по этим зонам.

Таким образом, в структуре ДН можно выделить зоны необнаружения и неуверенного обнаружения, в которых СО не решает поставленную задачу с требуемой вероятностью  $P_{об}$ . Тогда с точки зрения решаемой проблемы можно записать критерий полного перекрытия зоны обнаружения ДН, т. е. обязательного достижения требуемой вероятности обнаружения при любом направлении движения и любой точке входа:

$$((Z_{об} \cup Z_{но}) \cup Z_{ДН}) \setminus Z_{ДН} = 0. \quad (4)$$

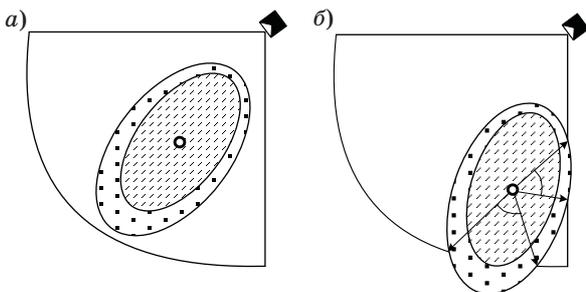
Выполнение условия (4) соответствует в графическом представлении рис. 3, а (при котором происходит обязательное обнаружение при любом направлении движения) и не соответствует рис. 3, б, когда есть направления, при движении в которых (выделенные сектора) нарушитель может остаться необнаруженным.

Кроме того, возможность движения нарушителя в произвольном направлении требует выравнивания чувствительности извещателя в этих условиях. С точки зрения формы зоны обнаружения это будет соответствовать требованию минимизации максимального расстояния обнаружения  $X_{об}^{max}$  при любом направлении движения:

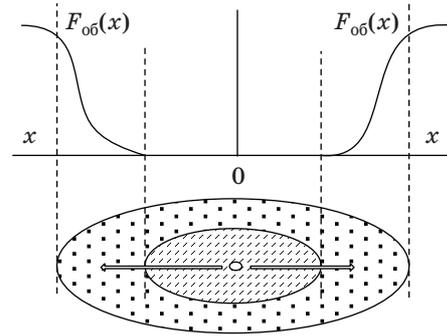
$$\min \{ \max X_{об}^{max} \}, \forall \varphi. \quad (5)$$

Использование критерия (4) для практических приложений, например для оценки надежности обнаружения, требует знания, кроме формы, также и размеров рассматриваемых зон. Требуемые размеры можно оценить, используя результаты работ [3–5]. В этом случае вероятность обнаружения нарушителя будет определяться как

$P_{об} = \int_0^{X_{об}^{max}} p(x_{об}) dx_{об}$ , где  $X_{об}^{max}$  — расстояние, на котором происходит обнаружение;  $p(x_{об})$  — плотность распределения расстояния обнаружения;  $x_{об}$  — расстояние, пройденное нарушителем от



■ Рис. 3. Зоны обнаружения, полностью (а) и частично (б) перекрывающиеся ДН



■ Рис. 4. Связь параметров зоны обнаружения с функцией распределения расстояния обнаружения

точки входа в ДН. На рис. 4 показаны зоны необнаружения и обнаружения и связанная с последней функция распределения.

Экспериментально полученные оценки  $\hat{p}(x_i)$  (гистограммы) приводятся, к примеру, в статьях [5, 12]. Однако для этих функций желательно иметь аналитические выражения, которые могут быть получены путем аппроксимации гистограмм.

Как пример рассмотрим возможность такой аппроксимации. Для этого необходимо выполнить проверку гипотезы о соответствии выборочных гистограмм аппроксимирующему закону распределения. В частности, это может быть рас-

пределение Рэлея  $p(t_3) = \frac{t_3}{\sigma_3^2} \exp \frac{-t_3^2}{2\sigma_3^2}$  со средним значением  $m_3 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_3$ . Оценка точности аппроксимации была произведена по критерию согласия Пирсона  $\chi^2$  при рекомендуемом [14] уровне значимости 0,05. При этом математическое ожидание аппроксимирующего распределения бралось исходя из выборочной оценки  $\hat{m}$ , вычисленной для исходных экспериментальных распределений  $\hat{p}(x_i)$ .

Результаты оценки точности аппроксимации (значения  $\chi^2$ ) для различных значений скорости движения цели для выбранного распределения составили 0,15; 1,93 и 10,5 для  $v = 0,3; 1,5$  и 3,0 м/с соответственно. При этом табличные значения  $\chi_{\alpha=0,05}^2$  для значений степеней свободы  $n = 4, 5, 4$  составили 9,49; 11,07 и 9,49 соответственно [14]. Имея таким образом полученные аналитические выражения, можно делать оценки размеров зон обнаружения для конкретных типов и структур СО.

### Примеры анализа эффективности СО

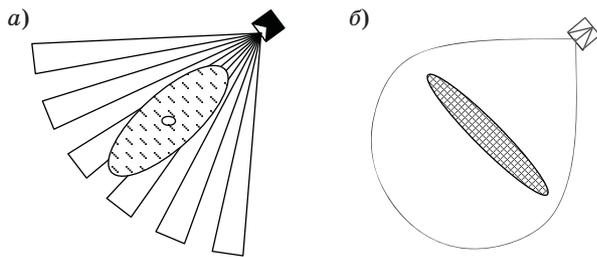
Проанализируем особенности оценки вероятности обнаружения для различных типов СО и их структур с учетом сформулированных выше критериев (2)–(5).

*Одиночные СО*

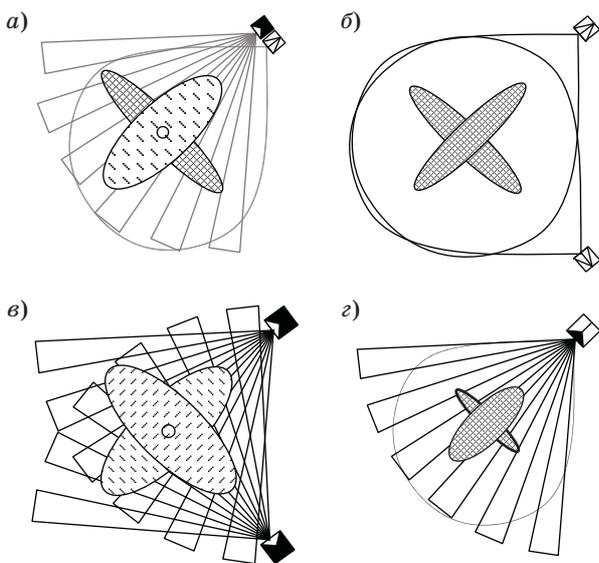
При использовании одиночного ПИК-извещателя перемещение нарушителя в радиальном направлении (рис. 5, а) будет приводить к существенному уменьшению ВО. Учитывая принцип действия РВ-извещателей [10], можно говорить об уменьшении вероятности обнаружения при тангенциальном направлении движения относительно них (рис. 5, б). То есть в этом случае имеет место невыполнение критерия (5) при выполнении (4).

*Совмещенные СО*

Очевидно, что для случая нескольких совмещенных или разнесенных СО необходимо перекрытие их ДН (рис. 6). С точки зрения сформулированных выше критериев ясно, что совмещение СО разного принципа действия в одном месте (рис. 6, а) приведет к росту как  $P_{об}$ , так и  $P_{л.т}$ . Пространственное разнесение СО одного принципа действия (рис. 6, б, в) позволит выполнить критерий (5), но при росте  $P_{л.т}$ , т. е. невыполнении критерия (3).



■ Рис. 5. Характер зоны обнаружения для одиночных ПИК- (а) и РВ-извещателей (б)



■ Рис. 6. Варианты структур нескольких устройств обнаружения: ПИК и РВ (а); двух РВ (б); двух ПИК (в) и комбинированного ПИК+РВ (г)

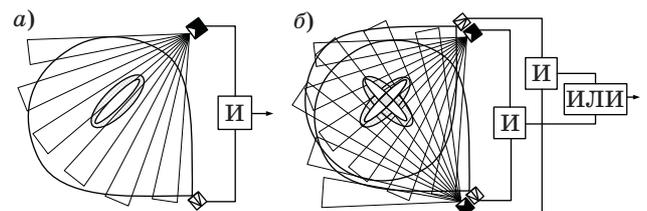
*Комбинированные СО*

Как известно, необходимость применения комбинированных устройств обнаружения вызвана требованием достижения высокой вероятности обнаружения при обеспечении низкого уровня ложных тревог. Добиться этого практически можно использованием двух каналов — ПИК- и РВ-обнаружения — с совмещением их ДН (рис. 6, г), увеличением чувствительности и принятием решения по алгоритму «И», что позволяет повысить чувствительность обоих каналов обнаружения и, следовательно, увеличить вероятность обнаружения.

Рост вероятности ложной тревоги при этом компенсируется использованием алгоритма «И» и правильным выбором принципов действия каналов, основанным на приведенном выше критерии несовместности воздействий, в данном случае окружающей среды, т. е. частного случая выражения (2) с учетом только окружающих условий  $\bigcup_{n \in N} E_n^j \cap \bigcup_{l \in N} E_l^k = \emptyset$ . Однако в случае с комбинированным извещателем есть возможность снизить вероятность обнаружения нарушителя только одним из каналов —  $P_{об1}$  или  $P_{об2}$ . Тогда принцип несовместности воздействий нарушителя (2) не выполняется, и вследствие использования алгоритма «И» вероятность обнаружения в целом будет меньше наименьшей ВО каждого из каналов:  $P_{об\Sigma} = P_{об1} \cdot P_{об2}$ . Таким образом, у нарушителя будет возможность достаточно эффективно снизить вероятность своего обнаружения. Избежать этой проблемы позволяют ортогональные извещатели, предложенные в работе [6].

*Разнесенные ортогональные комбинированные извещатели*

Разнесенный ортогональный извещатель использует пару каналов обнаружения — РВ и ПИК, также работающих по алгоритму «И», но разнесенных в пространстве и развернутых относительно друг друга на угол  $\varphi = 90^\circ$  по отношению к осям ДН (рис. 7, а). В этом случае направление движения нарушителя, тангенциальное для ПИК и радиальное для РВ, будет одинаково эффективно обнаруживаться обоими каналами. В такой структуре решается задача частичной оптимизации для одного из направлений движения.



■ Рис. 7. Ортогональные комбинированные одиночный (а) и сдвоенный (б) извещатели

Но при радиальном для ПИК- и тангенциальном для РВ-канала направлении вероятность обнаружения будет падать [невыполнение критерия (5)]. Однако такую структуру можно эффективно использовать при наличии естественных ограничителей потенциального направления движения нарушителя, когда известно наиболее вероятное направление движения.

#### *Сдвоенные разнесенные ортогональные детекторы*

Для устранения проблемы уменьшения вероятности обнаружения в предыдущей структуре можно использовать сдвоенный ортогональный извещатель (рис. 7, б). В этом случае выполняются все критерии (2)–(5) и задача оптимизации структуры СО решается достаточно корректно.

#### Заключение

Для оценки эффективности средств обнаружения наряду с общими критериями достижения требуемой вероятности обнаружения при минимальном уровне ложных тревог и несовместности

воздействий нарушителя на средства обнаружения целесообразно использовать сформулированные в работе критерии полного перекрытия зоны обнаружения ДН и минимума максимального расстояния обнаружения.

Предложенная в работе методика анализа эффективности заключается в последовательном структурировании ДН, оценке формы и размеров зон обнаружения и анализе вероятности обнаружения по сформулированным критериям.

Анализ по предложенной методике наиболее распространенных одиночных ПИК- и РВ-извещателей и различных их пространственных структур, а также комбинированных извещателей показал, что как сами извещатели, так и их структуры имеют в определенных условиях, в частности при радиальном направлении движения для ПИК- и тангенциальном для РВ-устройств обнаружения нарушителя, низкую вероятность обнаружения. Хотя и в меньшей степени, это относится и к комбинированным устройствам. Наиболее полно сформулированным критериям соответствуют ортогональные разнесенные комбинированные извещатели.

#### Литература

- ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения. — Введ. 1.02.2008. — М.: Стандартинформ, 2008. — 8 с.
- Волхонский В. В., Мальшкин С. Л. К вопросу единства терминологии в задачах физической защиты объектов // Информационно-управляющие системы. 2013. № 5. С. 61–68.
- Волхонский В. В. К вопросу повышения вероятности обнаружения несанкционированного проникновения на охраняемый объект // Вестник Воронежского института МВД России. 2011. № 4. С. 37–44.
- Богданов А., Багров В. Особенности характеристик обнаружения ПИК и совмещенных ПИК+РВ датчиков для помещений // Алгоритм безопасности. 2012. № 4. С. 72–73.
- Волхонский В. В., Воробьев П. А. Методика оценки вероятности обнаружения несанкционированного проникновения оптоэлектронным извещателем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 1(77). С. 120–123.
- Волхонский В. В. Оптимизация структуры и алгоритмов работы комбинированных средств обнаружения проникновения нарушителя // Вестник Воронежского института МВД России. 2012. № 2. С. 91–97.
- Богданов А. В. и др. Руководство по созданию комплексной унифицированной системы обеспечения безопасности музейных учреждений, защиты и сохранности музейных предметов / А. В. Богданов, В. В. Волхонский, И. Г. Кузнецова, Г. Н. Костина, Н. В. Гормина, О. А. Боев, О. В. Сушкова, А. В. Иванов, О. Б. Алексеев. — СПб.: Инфо-да, 2014. Ч. II. — 264 с.
- Р 78.36.022-2012. Применение радиоволновых и комбинированных извещателей с целью повышения обнаруживающей способности и помехозащищенности: метод. пособие/ НИЦ «Охрана». — М., 2012. — 120 с.
- Р 78.36.036-2013. Методическое пособие по выбору и применению пассивных оптоэлектронных инфракрасных извещателей/ МВД РФ. — М., 2013. — 195 с.
- Волхонский В. В. Извещатели охранной сигнализации. Изд. 4-е, доп. и перераб. — СПб.: Экополис и культура, 2004. — 272 с.
- Волхонский В. В., Крупнов А. Г. Особенности разработки структуры средств обнаружения угроз охраняемому объекту // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 4(74). С. 131–136.
- Волхонский В. В., Воробьев П. А., Трапш Р. Р. Анализ уязвимостей объектов, контролируемых оптоэлектронными датчиками систем физической защиты // Вестник Воронежского института МВД России. 2013. № 2. С. 44–51.
- Волхонский В. В., Воробьев П. А. Анализ характеристик обнаружения нарушителя ПИК датчиками охранной сигнализации // Алгоритм безопасности. 2012. № 1. С. 44–46.
- Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов / под ред. И. Н. Коваленко. — М.: Мир, 1971. — 408 с.

UDC 654.924

doi:10.15217/issn1684-8853.2015.3.70

**Analysis of Intruder Detection Efficiency in Physical Protection Systems**

Volkhonskiy V. V.<sup>a</sup>, Dr. Sc., Tech., Professor, volkhonski@mail.ru

Malyshkin S. L.<sup>a</sup>, Post-Graduate Student, malyshkin-sl@mail.ru

<sup>a</sup>Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverkskii St., 197101, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction:** The main efficiency criterion for detection devices in physical protection systems is the intruder detection probability. Objective evaluation of this parameter can be difficult because the expert estimations are subjective, and experimental results are difficult to use, especially in mathematical simulation problems. **Purpose:** The goal of this research is to choose and develop objective criteria of efficiency and the technique of their application in practical problems of analyzing typical detection devices. **Method:** Structuring directional patterns for non-detection, detection and reliable detection zones with subsequent estimation of their forms and sizes. **Results:** General criteria for achieving the required detection probability with the lowest level of false alarms and the incompatibility of potential intruder's impact onto the detector have been supplemented with formulated criteria for the full overlay of the detection zone by a directional pattern and for the minimum of the longest detection distance. Sequential application of the zone structuring method, estimation of the form and size of these zones, and the detection estimation analysis by the formulated criteria can be used as an efficiency estimation technique. Using it for analyzing the most common passive infrared, microwave and dual-technology detectors (along with their spatial structures) has shown that these detectors and their structures have a low level of detection probability under certain conditions, particularly, when the movement direction is radial (for passive infrared ones) or tangential (for microwave ones). The same is true for the dual technology, though to a smaller extent. Orthogonal spaced dual-technology detectors provide the best match to the formulated criteria.

**Keywords** — Detection Probability, Efficiency, Detection Zone, Detection Tools, Intruder Sensor, Physical Protection System.

**References**

1. State Standard R 50922-2006. Protection of Information. Basic Terms and Definitions. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 8 p. (In Russian).
2. Volkhonskiy V. V., Malyshkin S. L. The Issue of Unity of Terminology in Physical Protection. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2013, no. 5, pp. 61–68 (In Russian).
3. Volkhonskiy V. V. About Task of Probability Detection Increasing During Unauthorized Penetration to Guarded Object. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*, 2011, no. 4, pp. 37–44 (In Russian).
4. Bogdanov A., Bagrov B. Features of Detection Performance of PIR and Dual Tecnology PIR+RW Sensors for Rooms. *Algoritm bezopasnosti*, 2012, no. 4, pp. 72–73 (In Russian).
5. Volkhonskiy V. V., Vorob'ev P. A. Estimation Method of Unauthorized Intrusion Probability Detection by Passive Infrared Detector. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 1(77), pp. 120–123 (In Russian).
6. Volkhonskiy V. V. Optimization of Structure and Operation Algorithms of Dual Technology Intrusion Detectors. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*, 2012, no. 2, pp. 91–97 (In Russian).
7. Bogdanov A. V., Volkhonskiy V. V., Kuznecova I. G., Kostina G. N., Gormina N. V., Boev O. A., Sushkova O. V., Ivanov A. V., Alekseev O. B. *Rukovodstvo po sozdaniiu kompleksnoi unifitsirovannoi sistemy obespechenia bezopasnosti muzeinykh uchrezhdenii, zashchity i sokhrannosti muzeinykh predmetov* [Guide to Creation of Complex Unified System of Museum Safety, Protection and Safety of Museum Objects]. Saint-Petersburg, Info-da Publ., 2014. Part II. 264 p. (In Russian).
8. Standard R.78.36.022-2012. *Primenenie radiovolnovykh i kombinirovannykh izveshchatelei s tsel'iu povysheniia obnaruzhivaiushchei sposobnosti i pomekhozashchishchennosti* [Application of Radio Radiowave and Dual Technology Detectors in order to Detectivity and Noise Immunity Increase]. Moscow, NITs "Okhrana" Publ., 2012. 120 p. (In Russian).
9. Standard R 78.36.036-2013. *Metodicheskoe posobie po vyboru i primeneniiu passivnykh optiko-elektronnykh infrakrasnykh izveshchatelei* [Methodical Manual on Choosing and Application of Passive Optical Electronic Infrared Detectors]. Moscow, MVD RF Publ., 2013. 195 p. (In Russian).
10. Volkhonskiy V. V. *Izveshchatelei okhrannoi signalizatsii* [Security Alarm Detectors]. Saint-Petersburg, Ekopolis i kul'tura Publ., 2004. 272 p. (In Russian).
11. Volkhonskiy V. V., Krupnov A. G. Special Features of the Threats Detectors Structure on Protected Object. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2011, no. 4(74), pp. 131–136 (In Russian).
12. Volkhonskiy V. V., Vorob'ev P. A., Trapsh R. R. Vulnerabilities Analysis of Objects Controlled by Passive Infrared Sensors of Physical Protection. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*, 2013, no. 2, pp. 44–51 (In Russian).
13. Volkhonskiy V. V., Vorob'ev P. A. Analysis of Intruder Detection Performance of PIR intrusion sensors. *Algoritm bezopasnosti*, 2012, no. 1, pp. 44–46 (In Russian).
14. Bendat J. S., Piersol A. G. *Measurment and Analysis of Random Data*. New York, John Wiley & Sons, 1966. 390 p.