

# «БЕЗШУМНИЙ» ЗАХИСТ ВІД «ЛАЗЕРНИХ МІКРОФОНІВ»

В.І. ЗАБОЛОТНИЙ, Ю.О. КОВАЛЬЧУК

Дослідження каналу витоку мовної інформації з приміщень у випадку використання лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР) є основою даної праці. На побудову і аналіз відповідних якісних моделей спрямоване дане дослідження, що дозволить створити сукупність окремих кількісних моделей. Це дасть змогу оцінити можливий канал витоку мовної інформації з приміщень та вжити відповідні заходи щодо її захисту.

Researching a channel of linguistic information leakage from apartments in case of using laser systems of acousting intelligence is the basis of the paper. The research is aimed at construction and analysis of corresponding quality models, which will allow to create an aggregate of separate quantitative models. This will enable to estimate a possible channel of linguistic information leakage from apartments and take proper measures for protection.

## ВСТУП

В наш час питання захисту інформації є актуальним та важливим. Переважна більшість підприємств та установ будує захисну діяльність на аналізі загроз, ризику їх реалізації та вживання відповідних заходів, що зводять цей ризик до прийняттого рівня.

У комплексному захисті інформації важливе місце займає технічний захист мовної інформації. Це пов'язано з необхідністю забезпечення захисту мовної інформації всередині приміщень від можливого витоку.

Лазерні системи акустичної розвідки (ЛСАР), так звані „лазерні мікрофони” [1], є однією із загроз витоку мовної інформації з приміщень. Вони дозволяють відтворювати мову, будь-які інші звуки та акустичні шуми в приміщенні шляхом лазерно-локаційного зондування віконних шибок та інших відбиваючих поверхонь.

## 1. МОДЕЛЬ ОСВІТЛЕНOSTІ ФОТОДЕТЕКТОРА «ЛАЗЕРНОГО МІКРОФОНУ» В РЕЗУЛЬТАТІ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ОПОРНОГО ТА ВІДБИТОГО ЛАЗЕРНИХ ПРОМЕНІВ

Лазерний промінь, падаючи на шибку вікна (рис. 1), модулюється, відбиваючись від неї, повертається на сплітер (дільник) пучка і далі падає на фотодетектор, де реєструється результат інтерференції цього променя з опорним лазерним променем, визначаючи освітленість фотодетектора [2].

Тому необхідно розглянути відповідну модель освітленості фотодетектора «лазерного мікрофону».

Освітленість  $I(t)$  фотодетектора «лазерного мікрофону» пропорційна квадрату суми світлових векторів опорного променя лазера  $E^o(t)$  та відбитого від віконної шибки променя  $E^i(t)$  [3], як це показано у виразі (1):

$$I(t) \equiv (E^o(t) + E^i(t))^2. \quad (1)$$

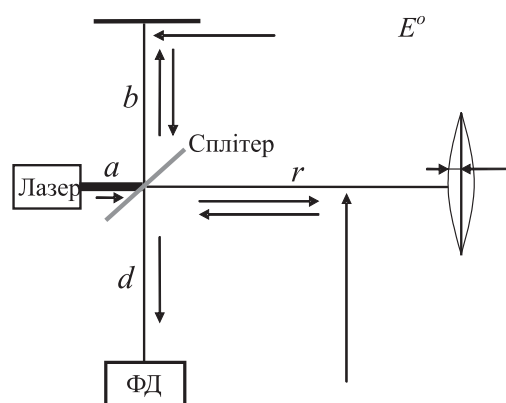


Рис. 1. Загальна модель каналу лазерної розвідки у випадку використання ЛСАР

Для напруженості поля опорного сигналу  $E^o(t)$  лазерного випромінювання на фотодетекторі можна записати:

$$E^o(t) = E^o \sin(2\pi ft + k(a + 2b + d)), \quad (2)$$

а для напруженості поля відбитого сигналу (хвильової функції) на фотодетекторі  $E^i(t)$  запишемо:

$$E^i(t) = E^i \sin(2\pi ft + k(a + 2r + d + 2\Delta(t))), \quad (3)$$

де  $\Delta(t)$  — функція коливання шибки вікна в точці опромінювання лазерним променем, яка залежить від тиску акустичних хвиль мовного сигналу в приміщенні.

При цьому необхідно врахувати, що

$$f = \frac{c}{\lambda}; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (4)$$

а також із тригонометрії використати:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}. \quad (5)$$

Для ідеального сигналу амплітуди світлових векторів  $E^i(t)$  та  $E^o(t)$  повинні збігатися. Підбираємо нейтральним фільтром такі амплітуди напруженості поля відбитого  $E^i$  та опорного  $E^o$  сигналів, щоб  $E^o = E^i = E$ .

Тоді за допомогою вищенаведених формул (2) – (5) спочатку обчислимо суму світлових векторів  $E^o(t)$  та  $E^i(t)$ :

$$\begin{aligned} E^o(t) + E^i(t) &= \\ &= 2E \sin \frac{\frac{2\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda}(a+2b+d) + \frac{2\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda}(a+2r+d+2\Delta(t))}{2} * \\ &* \cos \frac{\frac{2\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda}(a+2b+d) - \frac{2\pi ct}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda}(a+2r+d+2\Delta(t))}{2} = \\ &= 2E \sin \frac{\frac{4\pi ct}{\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda}(2a+2b+2d+2r+2\Delta(t))}{2} * \\ &* \cos \frac{\frac{2\pi}{\lambda}(2b-2r-2\Delta(t))}{2} = \\ &= 2E \sin \frac{2\pi}{\lambda}(a+b+d+r+ct+\Delta(t)) * \\ &* \cos \frac{2\pi}{\lambda}(b-r-\Delta(t)). \end{aligned} \quad (6)$$

Одержаний кінцевий вираз (6) дає можливість зробити висновок, що сума модулів світлових векторів у фотодетекторі залежить від двох множників:  $\sin \frac{2\pi}{\lambda}(a+b+d+r+ct+\Delta(t))$  – високочастотна складова та  $2E \cos \frac{2\pi}{\lambda}(b-r-\Delta(t))$  – низькочастотна складова світлового вектора.

Оскільки фотодетектор не реагує на високочастотну складову світлового вектора, то для знаходження амплітуди освітленості фотодетектора нам достатньо знайти квадрат низькочастотної складової, яку можна записати у вигляді  $2E \cos 2\pi \left( \frac{b-r}{\lambda} - \frac{\Delta(t)}{\lambda} \right)$ , де  $(b-r)$  – різниця ходу опорного та відбитого променів. Ми отримаємо наступний вираз (7):

$$I(t) = \left( 2E \cos 2\pi \left( \frac{b-r}{\lambda} - \frac{\Delta(t)}{\lambda} \right) \right)^2. \quad (7)$$

Скориставшись відомою тригонометричною формулою

$$\cos^2(\alpha) = \frac{1 + \cos(2\alpha)}{2}, \quad (8)$$

та враховуючи, що функцію коливання шибки вікна в точці опромінювання лазерним променем можна визначити виразом:

$$\Delta(t) = A \cos 2\pi Ft, \quad (9)$$

де  $A$  – амплітуда коливання шибки вікна в точці опромінювання,  $F$  – частота коливання шибки вікна, запишемо формулу (7) у вигляді:

$$I(t) \equiv 2E^2 (1 + \cos 2\pi(\beta + a \cos 2\pi Ft)), \quad (10)$$

де  $\beta = \frac{b-r}{\lambda/2}$  – відношення різниці ходу опорного та відбитого променів лазера до половини довжини хвилі лазера;  $a = \frac{A}{\lambda/2}$  – відносна амплітуда

коливання шибки вікна (по відношенню до половини довжини хвилі лазера).

## 2. ЗАЛЕЖНІСТЬ ОСВІТЛЕНOSTІ ФОТОДЕТЕКТОРА «ЛАЗЕРНОГО МІКРОФОНУ» ВІД ЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОГО ПАРАМЕТРУ НАЛАШТУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОПОРНОГО ДЗЕРКАЛА ЛАЗЕРА $\beta$

Існує залежність освітленості фотодетектора «лазерного мікрофону» від величини  $\beta$ , як це показано в формулі (10).

Фактично, величина  $\beta$  являється значенням відносного параметру налаштування положення опорного дзеркала лазера. Найкращої якості підслуховування можна досягти тоді, коли освітленість фотодетектора буде визначатися сумою непарних гармонік частот  $F, 3F, 5F, \dots$  Для цього необхідно величині  $\beta$  надати оптимальне значення.  $\beta = 0,25 \pm 0,5n$ , де  $n \in \mathbb{Z}$  (рис. 2).

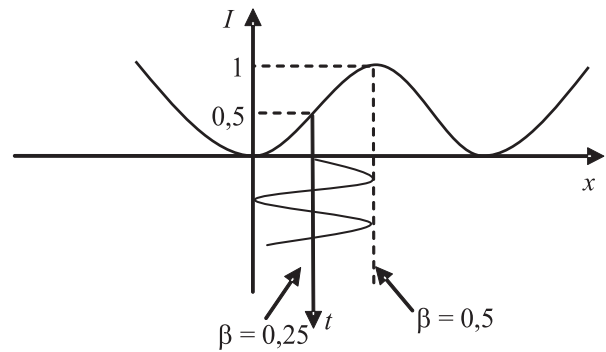


Рис. 2. Налаштування оптимального положення опорного дзеркала лазера

У цьому випадку амплітуда непарних гармонік становитиме наступне значення:

$$I_{2n+1} = 4E^2 J_{2n+1}^2(2\pi a), \quad (2)$$

де  $J_{2n+1}(2\pi a)$  – функція Беселя із аргументом  $2\pi a$ .

У випадку, коли величина  $a = 0,15$ , а величина  $\beta = 0,75$ , освітленість фотодетектора буде змінюватись по тому ж закону, що й коливання шибки вікна (рис. 3), що забезпечує можливість зняття корисного мовного сигналу ЛСАР із потрібного приміщення.

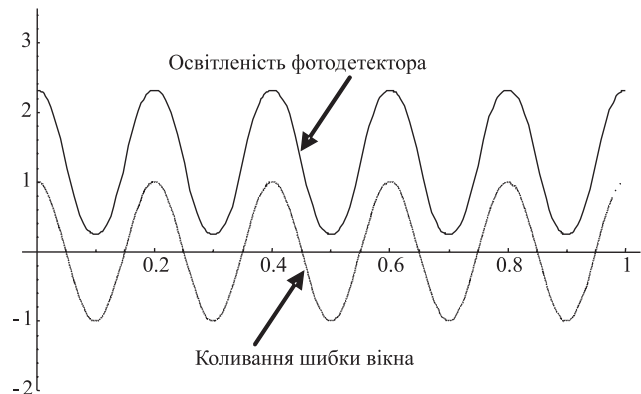


Рис. 3. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,15$  та  $\beta = 0,75$

Якщо при тому ж значенні відносної амплітуди коливання шибки вікна ( $a = 0,15$ ) зміниться значення відносного параметру налаштування положення опорного дзеркала лазера  $\beta$ , наприклад  $\beta = 0,95$  (рис. 4) або  $\beta = 1$  (рис. 5), то сигнал на фотодетекторі спотвориться та не буде повністю відповідати коливанням шибки вікна, що ускладнить процес підслуховування розмови в приміщенні.

Отже, з рис. 3–5 видно, що оптимальним значенням відносного параметру налаштування положення опорного дзеркала лазера є  $\beta = 0,25 \pm \pm 0,5n$ , де  $n \in \mathbb{Z}$ . У цьому випадку забезпечується найкраща якість підслуховування розмов у приміщенні.

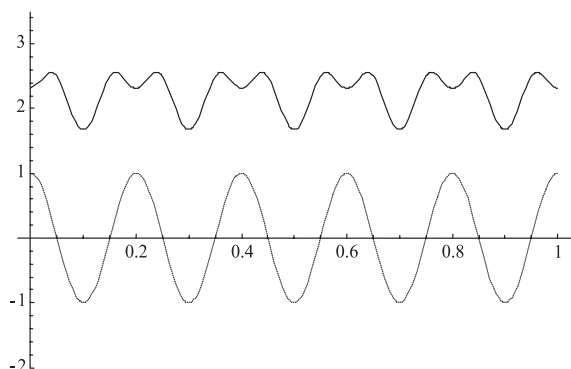


Рис. 4. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,15$  та  $\beta = 0,95$

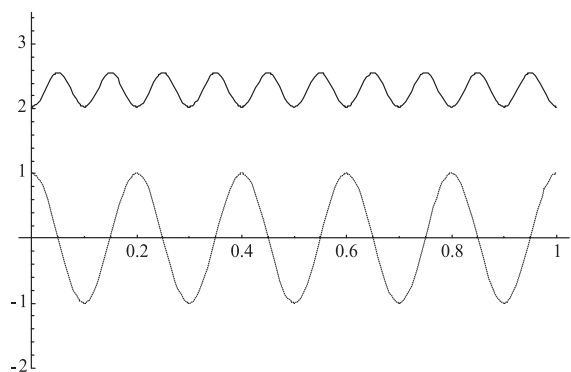


Рис. 5. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,15$  та  $\beta = 1$

### 3. ЗАЛЕЖНІСТЬ ОСВІТЛЕНOSTІ ФОТОДЕТЕКТОРА «ЛАЗЕРНОГО МІКРОФОНУ» ВІД ЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ АМПЛІТУДИ КОЛИВАННЯ ШИБКИ ВІКНА $a$

Із формули (10) видно, що освітленість фотодетектора «лазерного мікрофону» залежить також від величини  $a$ .

Для значень відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a < 0,25$  амплітуди гармонік із номером 3 та більше будуть суттєво менші першої гармоніки (рис. 3). Із ростом значення параметру  $a$  починають зростати амплітуди непарних гармонік струму у фотодетекторі «лазерного мікрофону».

Якщо при фіксованому оптимальному значенні параметру  $\beta = 0,75$  поступово збільшувати значення відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a$ , то ми побачимо, що сигнал на фотодетекторі поступово спотвориться настільки, що зов-

сім не відповідатиме коливанням шибки вікна. Це зробить неможливим процес підслуховування розмови в приміщенні.

Для перевірки цього розглянемо декілька відповідних графіків, що демонструють залежність освітленості фотодетектора від параметру  $a$  при фіксованому значенні параметру  $\beta = 0,75$ .

Якщо відносна амплітуда коливання шибки вікна  $a$  набуде значення  $a=0,3$ , то в сигналі на фотодетекторі з'явиться додаткова гармоніка, яка вже дещо спотворить корисний мовний сигнал (рис. 6).

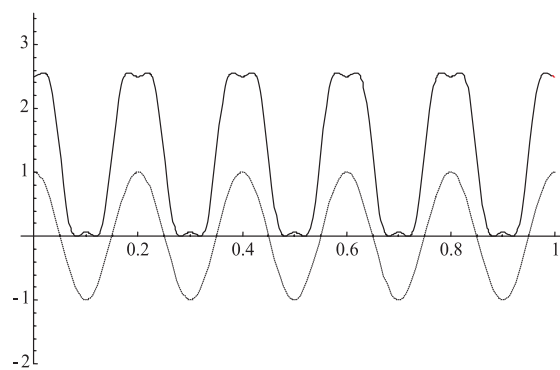


Рис. 6. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,3$  та  $\beta = 0,75$

При значенні відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a = 0,5$  в сигналі на фотодетекторі збільшиться спотворення корисного мовного сигналу (рис. 7).

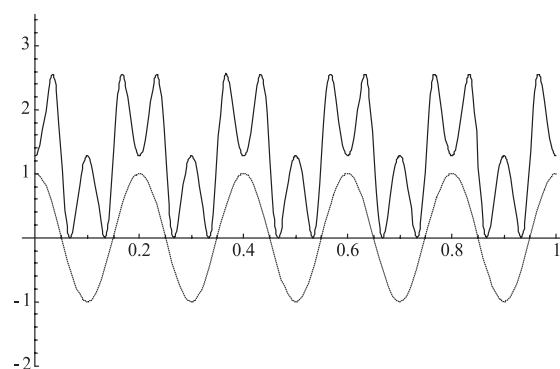


Рис. 7. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,5$  та  $\beta = 0,75$

Якщо відносна амплітуда коливання шибки вікна набуде значення  $a = 0,7$ , в сигналі на фотодетекторі ще збільшиться спотворення корисного мовного сигналу (рис. 8).

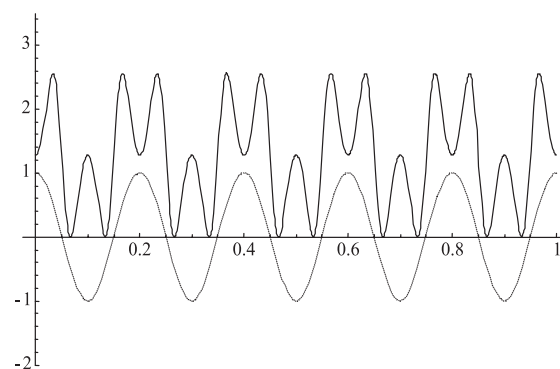


Рис. 8. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 0,7$  та  $\beta = 0,75$

При значенні відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a = 1$  в сигналі на фотодетекторі можна спостерігати суттєве спотворення мовного сигналу, хоча ще добре помітна його періодичність, за якою можна визначити частоту корисного мовного сигналу (рис. 9).

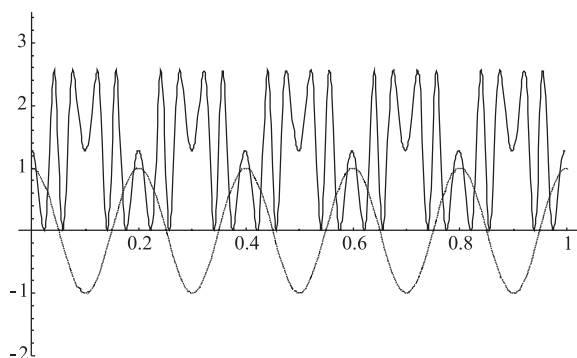


Рис. 9. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 1$  та  $\beta = 0,75$

Якщо параметр  $a$  набуде значення  $a = 5$ , в сигналі на фотодетекторі з'являться ще декілька непарних гармонік, хоча ще буде помітна його періодичність (рис. 10).

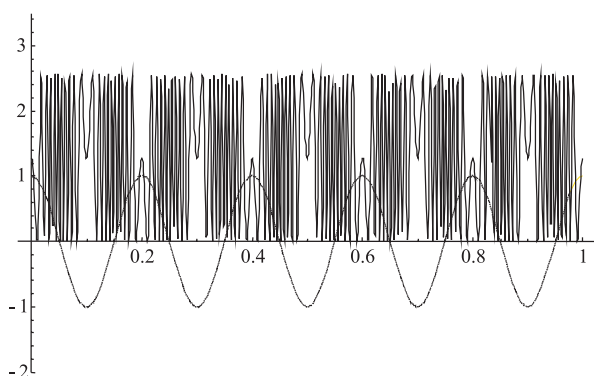


Рис. 10. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 5$  та  $\beta = 0,75$

При значенні відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a = 20$  в сигналі на фотодетекторі з'являться ще багато непарних гармонік, а його періодичність буде ледве помітна (рис. 11).

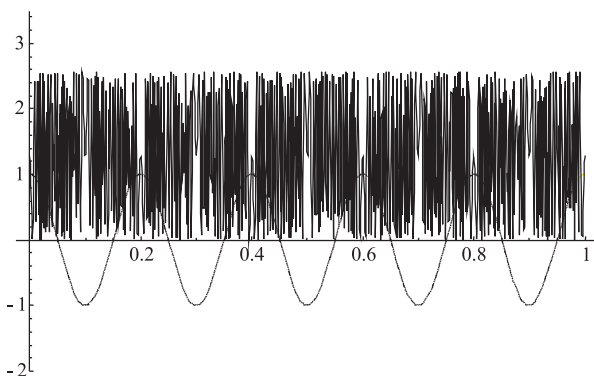


Рис. 11. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 20$  та  $\beta = 0,75$

Якщо відносна амплітуда коливання шибки вікна набуде значення  $a = 100$ , сигнал на фотодетекторі спотвориться настільки, що неможли-

во буде визначити його періодичність, а значить неможливим буде підслуховування розмови у відповідному приміщенні (рис. 12).

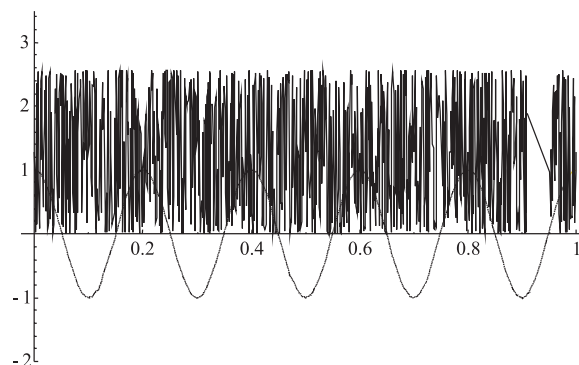


Рис. 12. Освітленість фотодетектора при значеннях величин  $a = 100$  та  $\beta = 0,75$

#### 4. «БЕЗШУМНИЙ» ЗАХИСТ ВІД «ЛАЗЕРНИХ МІКРОФОНІВ»

Найбільший номер гармоніки струму фотодетектора, значення якої слід враховувати як суттєве, складає величину  $n \approx \pi a$ .

Отже, для створення найбільшої гармоніки сигналу, що потрапляє до верхньої межі спектру небезпечного мовного сигналу  $F_M$ , необхідно вибрати частоту коливань шибки вікна  $F$  з відносною амплітудою  $a \approx F_M / \pi F$ . За рахунок збільшення амплітуди коливань шибки вікна можна вибрати частоту  $F$  нижче частоти слухового сприйняття (менше 20 Гц) та здійснювати «безшумне» заглушення роботи «лазерного мікрофону».

Спектр перешкод можна із лінійного перетворити у безперервний, проводячи зміну завадового сигналу за необхідним законом.

Для забезпечення коливань шибки вікна із низькою частотою ( $F < 20$  Гц) можна побудувати пристрій, що працюватиме згідно з принципами електродинамічної або іншої системи.

#### ВИСНОВКИ

Отже, в даній статті була побудована модель освітленості фотодетектора «лазерного мікрофону» в результаті інтерференції опорного та відбитого лазерних променів. Також була показана залежність освітленості фотодетектора «лазерного мікрофону» від значення відносного параметру налаштування положення опорного дзеркала лазера  $\beta$  та від значення відносної амплітуди коливання шибки вікна  $a$ .

Запропоновано новий метод захисту мовної інформації від ЛСАР, що в своїй роботі використовують явище інтерференції, який ґрунтується на забезпеченні коливань шибки вікна з частотою, нижчою за звукову, за рахунок збільшення амплітуди коливання шибки.

Запропонований метод забезпечить «безшумний» захист мовної інформації в приміщенні від цих «лазерних мікрофонів».

Подальші теоретичні дослідження доцільно спрямувати на визначення спектру завадових сиг-

налів у випадку їх комбінаційних спотворювань із небезпечним мовним сигналом, а також між кількома завадовими сигналами.

#### Література.

- [1] *Заболотний В.И.* Модель отражающей поверхности лазерного канала разведки информации / В.И. Заболотный, Ю.А. Ковальчук // Прикладная радио-электроника. — 2007. — Т. 6, №3. С. 432-434.
- [2] *Григорук В.І.* Лазерна фізика: навч. посібник / В.І. Григорук, П.А. Коротков, А.І. Хижняк; МОН України. — К.: МП «Леся», 1997. — 480 с.
- [3] *Малашин М.С.* Основы проектирования лазерных локационных систем: учеб. пособие / М.С. Малашин, Р.П. Каминский, Ю.Б. Борисов. — М.: «Высшая школа», 1983. — 207 с.

Надійшла до редколегії 21.09.2009



**Заболотний Володимир Ілліч**, доцент кафедри БІТ ХНУРЕ. Область наукових інтересів: технічний захист інформації.



**Ковальчук Юрій Олексійович**, аспірант кафедри БІТ ХНУРЕ. Область наукових інтересів: технічний захист інформації.



## МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РИСКАМИ

А.А. ЗАМУЛА, А.С. ОДАРЧЕНКО, А.А. ДЕЙНЕКО

Обсуждаются актуальные проблемы оценивания рисков в современных информационно-телекоммуникационных системах. Даются рекомендации по управлению рисками информационной безопасности. Подробно рассматривается метод оценивания на основе нечеткой логики.

The paper is devoted to actual problems of estimating risks in modern information-telecommunication systems. Recommendations on managing information risks of information security are provided. The fuzzy logic-based method of estimating risks are considered in detail.

### ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об оценивании информационных рисков становится все более актуальным. Сегодня построение и эффективная эксплуатация систем информационной безопасности (ИБ) невозможна без анализа и управления рисками такой системы. Ведь основной задачей данного направления является объективная идентификация угроз и оценка наиболее значимых информационных рисков для организации, а также адекватность используемых средств контроля рисков для увеличения эффективности и рентабельности деятельности предприятия.

Выделяют несколько основных подходов к управлению рисками, различающихся глубиной и уровнем формализма. Например, для некритичных систем, когда информационные ресурсы являются вспомогательными, а уровень информатизации невысокий, предъявляются минимальные требования к оценке рисков. В таких организациях следует вести речь о некотором базовом уровне ИБ, определяемом существующими стандартами, лучшими практиками и опытом. Однако стандарты, которые описывают некоторый базовый набор требований и механизмов безопасности, всегда оговаривают необходимость оценки рисков и экономической целесообразности применения тех или иных механизмов контроля, чтобы выбрать из общего набора требования и механизмы наиболее важные применительно к конкретной организации. Для критичных систем, в которых информационные активы не являются основными, но уровень информатизации очень высок и соответствующие риски могут существенно повлиять на основные бизнес процессы, оценку рисков применять необходимо. Когда же деятельность организации в значительной степени опирается на информационные ресурсы и риски информационной безопасности являются основными, для их оценки необходимо применять формальный подход и количественные методы.

На выбор подхода к оценке рисков помимо характера деятельности организации и уровня информатизации бизнес процессов, также оказывает влияние уровень зрелости организации. В стандарте COBIT и других стандартах. Разделяют три уровня зрелости.

На первом уровне осознание проблем оценивания рисков (ОР) как таковое отсутствует, и в организации предпринимаются фрагментарные меры по обеспечению ИБ, реализуемые специалистами службы защиты информации.

На втором уровне в организации определена ответственность за ИБ, делаются попытки применения интегрированных решений с централизованным управлением и внедрением отдельных процессов управления ИБ.

Третий уровень характеризуется применением процессного подхода к управлению ИБ. Система управления ИБ становится настолько значимой для организации, что рассматривается как необходимый составной элемент системы управления организацией. Однако полноценной системы управления ИБ еще не существует, т.к. отсутствует базовый элемент этой системы – процессы управления рисками.

Управление рисками ИБ – это бизнес задача, инициируемая руководством организации в силу своей информированности и степени осознания проблем ИБ, смысл которой заключается в защите деятельности организации от реально существующих угроз ИБ

### 1. АРБИТРАЖНАЯ МОДЕЛЬ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИБ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевым элементом управления информационными рисками является эффективная методология их снижения за счет реализации определенных контрмер, направленных на ликвидацию существующих уязвимостей и угроз. Основой указанной методологии должен стать механизм эффективного использования имеющихся в наличии ресурсов (финансовых, организационных, технологических и т.д.).

Рассмотрим организационную систему (ОС), состоящую из управляющего центра и агентов  $\{a_1, \dots, a_n\}$ . Жизненный цикл основных мер по управлению ИБ может иметь следующий вид.

1. Центр устанавливает для  $i$ -го агента уровень допустимого риска  $w_i^* \geq 0, i \in n$ , который представляет собой приемлемый с точки зрения центра ущерб от реализации возможных угроз.