

УДК 343.982:343.326:537.226

**І.О. ГРОМИКО\***, канд. техн. наук, доц.,  
**В.Г. СУГАК\*\***, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.

*Харківський національний університет внутрішніх справ\**  
*Інститут радіофізики і електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України\*\**

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОРАДАРА ЯК ПОШУКОВОГО АНТИТЕРОРИСТИЧНОГО ПРИЛАДУ

Показано, що при застосуванні георадарів у якості пошукових антитерористичних приладів необхідно доповнювати виміри контрольною перевіркою результатів з допомогою звичайних спеціалізованих пристроїв механічного зондування.

Вивчення відкритих публікацій про дії спеціалізованих антитерористичних підрозділів країн світу показує недостатню ефективність заходів, в яких застосовується пошукова техніка. Особливо це стосується засобів що застосовуються для попередження терактів.

Приклади дій радикальних груп в Іспанії, Англії та Росії наочно продемонстрували недостатню ефективність попереджуючих дій спецслужб силових структур. Нажаль, терористам вдається не тільки безконтрольно і безкарно синтезувати у великих об'ємах вибухові речовини (ВР) з "підручних" матеріалів, але й заготовлювати в природних або спеціально підготовлених тайниках (печерах, ямах, льохах та ін.) бойові ВР про запас. Звідси, виявлення тайників, схронів та інших підземних сховищ стає актуальним завданням в сучасній боротьбі з терористами. Попередження їх дій еквівалентно порятунку багатьох ні в чому не повинних людей. Тому мета статті полягає у дослідженні нового зразка пошукової техніки антитерористичного напрямку та виявлення особливостей його застосування. Новизна роботи міститься у встановленні факту, що застосування георадарів для рішення наукових задач повинно супроводжуватися перевіркою результатів вимірів за допомогою пристроїв механічного зондування.

Таким чином, після відомих вибухів будівель в Москві та інших містах Росії спецслужби зробили відповідні висновки, узавши під контроль підвали, горища та інші приміщення будівель і споруд. Тому, терористи вимушені ховати своє устаткування і компоненти вибухових пристроїв, закопуючи його у приповерхневий шар ґрунту. Роль пошукової техніки в таких ситуаціях різко зростає.

Відомо, що антитерористичні засоби поділяють на три основні тактичні класи [1]:

- спеціальні засоби силової (індивідуальної) протидії - активні засоби;
- засоби інженерного (пасивного) захисту;
- пошукова техніка.

Одним із основних приладів, що входять в клас пошукової техніки, є міношукач і його аналоги - металопукачі, металодетектори тощо.

При проведенні пошукових дій слід враховувати, що терористи знайомі з азами фізики, а також з принципами дії, схемотехнікою та функціональними можливостями міношукачів. І справа не тільки в підготовці терористів у спеціалізованих таборах. У звичайному, відкритому друці на ознайомлювальному рівні у широкому доступі показані тактико-технічні характеристики приладів [2]. Тут мо-

жна знайти і порівняльні характеристики приладів, що працюють на різних фізичних принципах [3], і докладні описи застосування приладів, якими комплектуються спеціальні антитерористичні підрозділи силових структур країн світу [4].

Стає очевидним, що насамперед продумані дії терористів виключають можливість швидкого і легкого виявлення закладених ними компонентів вибухових пристроїв, розміщених під шаром ґрунту земної поверхні. Терористи грамотно підбирають не тільки "легенду" сховища, але й відповідні неконтрольовані глибини та способи екранування (маскування) компонентів.

Як правило, приповерхневий шар ґрунту неоднорідний. Він включає чорнозем, пісок, суглинок, скельні породи, вапняк та ін. Неоднорідності відрізняються за розміром, відсотковим змістом газів, рідин (вода, нафтопродукти) та з інших параметрів. У ґрунті можна виділити протяжні ділянки - шари, які формувалися тисячі років. Зміни в кліматі і вулканічна діяльність вплинули на розміри і насичення шарів природними компонентами, визначили механічні, хімічні, електричні і магнітні характеристики та властивості ґрунту. Відомо, що збільшення товщини ґрунту, розташованого між пошуковим приладом і об'єктом, зменшує вірогідність виявлення об'єкту. Магнітний і електричний "ґрунтові" екрани, згладжують електричні і магнітні аномалії, викликані розміщенням об'єкту під шаром ґрунту.

Магнітометричні і індукційні прилади стають неефективними, якщо під шаром ґрунту розташовані слабоконтрастні об'єкти - діелектрики (наприклад, ВР) або об'єкти, електропровідність яких сумірна з електропровідністю ґрунту. Якщо в зоні пошуку ґрунт засмічений феромагнітним або струмопровідним сміттям (осколки від снарядів, цвяхи, фольга, алюмінієві пробки та ін.), то вірогідність виявлення такими приладами заглиблених об'єктів знижується до нуля.

Тут доцільно застосовувати прилади радіолокаційного типу. Не дивлячись на те, що ці прилади іноді навіть не розглядаються як пошукові [1], в такій обстановці заглиблені об'єкти можна виявити тільки контрольним бурінням ґрунту або застосуванням наземних радіолокаційних установок безперервного або імпульсного випромінювання [5] - георадарів, геолокаторів, георадіолокаторів, геовізорів тощо. Розглянемо деякі фізичні основи роботи таких приладів. При цьому виділимо ті моменти, які створили авторам статті деякі труднощі при проведенні вимірювань і дозволили набути цінних практичних навичок.

Радіохвильовий метод виявлення предметів в ґрунті є окремим варіантом методу радіолокації, що дозволяє виявляти не тільки металеві предмети на глибинах від одиниць до десятків метрів, але й підземні шурфи і ходи, відомі під назвою "порожнечі". Річ у тому, що різка відмінність відносних діелектричних проникностей різнорідних шарів ґрунту і порожнеч призводить до віддзеркалення (відбивання) радіохвиль майже так само, як відбувається відбивання радіохвиль від металевих предметів. Частина енергії при падінні радіохвиль на поверхню розділу двох діелектриків відбивається у зворотному напрямі, а інша частина проникає всередину іншого діелектрика. При цьому коефіцієнт віддзеркалення буде:

$$K_{\text{відз.}} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}},$$

де:  $\varepsilon_1$  - відносна діелектрична проникність першого середовища;  $\varepsilon_2$  - відносна діелектрична проникність другого середовища.

Наприклад, коефіцієнт віддзеркалення для розділу середовищ: "вологий ґрунт-пластмаса" має значення  $K_{\text{відз}} \gg 0,44$ . Слід зазначити, що  $\varepsilon_1$  лежить в межах від 4 (сухий пісок) до 20 (вологий суглинок), а для різних елементів інженерних мін, наприклад, (пластмасовий корпус, заряд ВР, парафінові добавки, що пов'язують, та ін.), як правило,  $\varepsilon_2 = 2 \dots 4$  й більш [5].

З одного боку, високі значення  $\varepsilon_1$  спрощують завдання виявлення дрібних металевих і діелектричних частин вибухових пристроїв. Це важливий момент. Чим більше  $\lambda$  - довжина хвилі електромагнітного поля, що зондує, - тим на більшу глибину це поле проникає. Але при цьому погіршуються виборчі властивості приладу, оскільки вірогідність виявлення провідників малих розмірів істотно зменшується. Відомо, що для відбиття енергії (провідником) електромагнітного поля, що зондує, найбільш оптимальною є ситуація, якщо розмір провідника  $L_{\text{п}}$  - рівний половині довжини хвилі  $\lambda$ . Проте, для провідника, що поміщений в ґрунт з  $\varepsilon_1$ , ситуація істотно змінюється. Тепер мінімальний розмір провідника, який можна виявити в ґрунті за допомогою георадара, зменшується пропорційно кореню квадратному з  $\varepsilon_1$ :

$$L_{\text{п}} \sim \frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon_1}}.$$

З іншого боку, високі значення  $\varepsilon_1$  погіршують експлуатаційні можливості приладів, оскільки роблять контрастно безліч неоднорідностей природного фону: нерівностей шарів ґрунту, зволжених ділянок із залишками солей, каменів та ін.

На рисунку 1 показано функціонування простого імпульсного приладу в умовах екранування об'єктів.

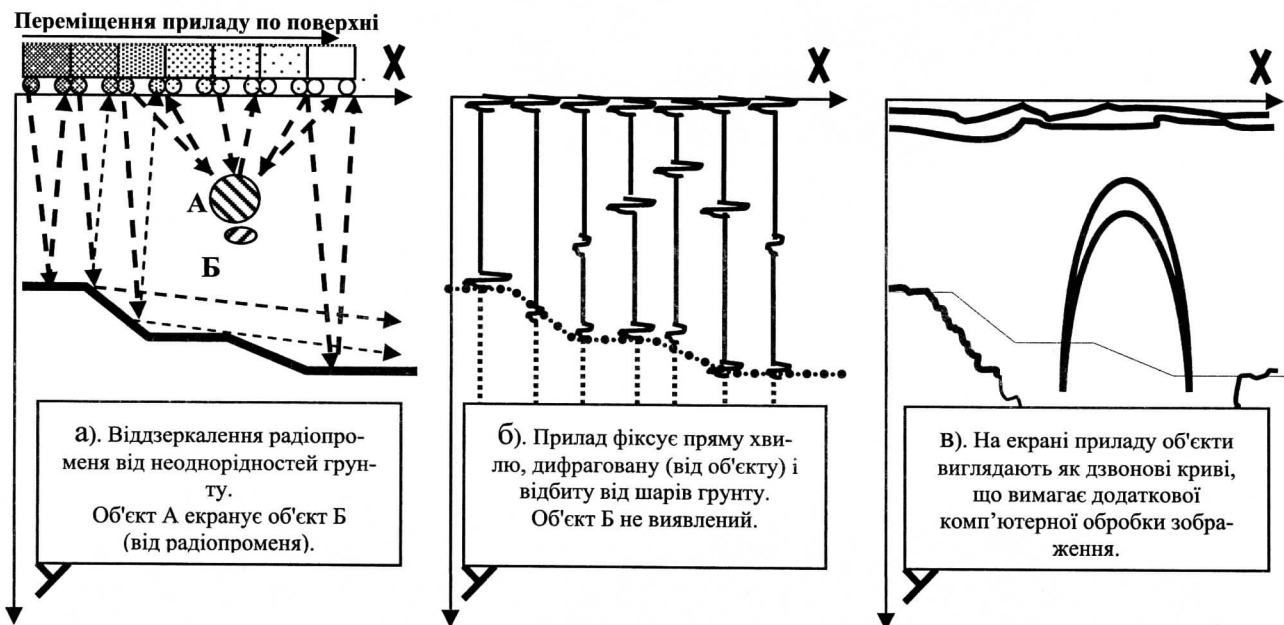


Рисунок 1 - Функціонування імпульсного приладу в умовах екранування об'єктів

На рисунку 1а показаний прилад, що випромінює в сторону об'єкту радіопромінь під прямим кутом до площини переміщення. У зв'язку з тим, що ширина променя "захоплює" об'єкт до того моменту, як прилад буде розташований над ним, сигнал на вході приладу буде таким, як він показаний на рисунку 1б.

На рисунку 1в зображений вид дзвонової кривої, що означає наявність під шаром ґрунту якого-небудь предмету. Тут важливим моментом є наступне:

- незручний вид дзвонової кривої розробники приладів

усувають і коректують шляхом обробки зображення за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, добиваючись зображення об'єкту у вигляді темної плями;

- нижче дзвонової кривої які-небудь зображення об'єктів практично відсутні із-за сильного ефекту екранування (затінення предметів, що розташовані нижче - на рисунку 1а це об'єкт «Б»).

Для вирішення пошукових завдань був обраний один з кращих вітчизняних приладів - "Скануючий георадар", що розроблений у Харкові. Його перевагами по технічних

параметрах перед існуючими вітчизняними і зарубіжними аналогами є [6, 7]:

- істотно більша глибина зондування (25-30 метрів) в реальних ґрунтах (глина, суглинок, супісок) зі збереженням високої роздільної здатності за розміром предмету, що сумірний, наприклад, з пістолетом Макарова (0,15-0,2 метра);

- можливість виявлення і картографування слабкоконтрастних шарів з використанням технологічних секретів (ноу-хау), які не мають аналогів у світі;

- здатність працювати в умовах промислових електромагнітних перешкод і наявності великої кількості інженерних, металевих й інших конструкцій на поверхні в місці проведення пошукових робіт;

- можливість визначення типу і властивостей підповерхневих шарів ґрунту з визначенням їх електричних характеристик;

- можливість побудови тривимірних карт зображення підземних структур із залученням мінімальної інформації про досліджувану геологічну структуру.

Для пробних пошукових робіт була вибрана територія селища Валки (Харківська область); для розширених випробувань - територія на захід від Світловодська (Кірово-

градська область). Ця територія рясніє різномірними ґрунтами (граніт, вапняк, суглинок, глина тощо), порожнечами і підземними водоймищами, що зосереджені на території близько 25 квадратних кілометрів. Пробні пошукові роботи підтвердили заявлену високу роздільну здатність приладу. Була визначена потенційна маневреність групи, що буде оснащена подібним приладом.

Слід зазначити, що основна вага приладу (~12 кг) доводиться на акумулятор та металеву допоміжну конструкцію, що забезпечує ручне переміщення приладу (разом із акумулятором) по пересіченій місцевості під час проведення вимірювань. Щільні магнітні антени і вимірювальний блок розташовуються паралельно площини землі і слабо уразливі від стрілецької зброї. Система координатної прив'язки GPS компактна і зберігає в пам'яті координати об'єктів, з метою подальшого їх швидкого виявлення на місцевості та для виходу на об'єкт в темний час доби.

Результати двох пробних вимірів приведені на рис.2 (10 км, що на південь від с. Валки) та рис.3 (10 км, що на північний захід від с. Валки).

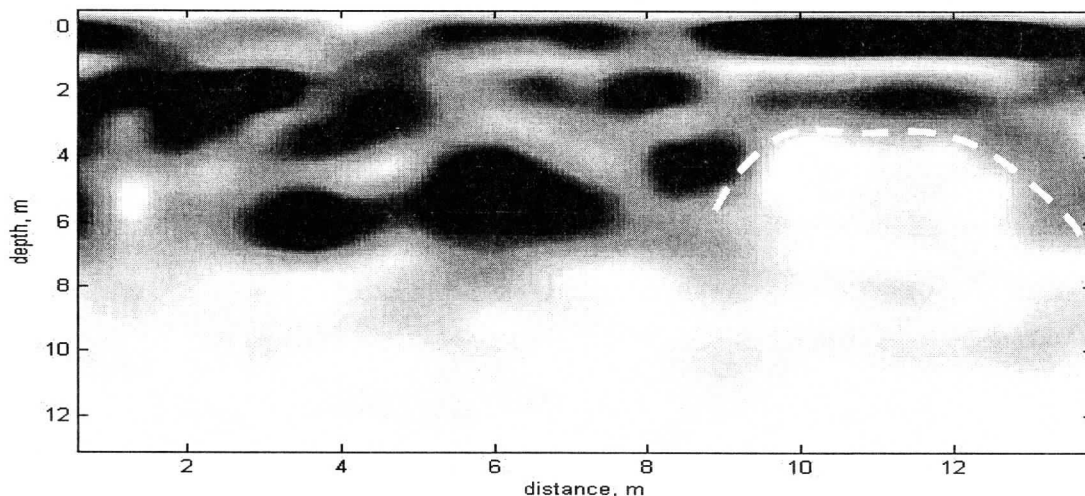


Рисунок 2 - Вид екранованої ділянки підповерхневого шару ґрунту (виділено білим пунктиром)

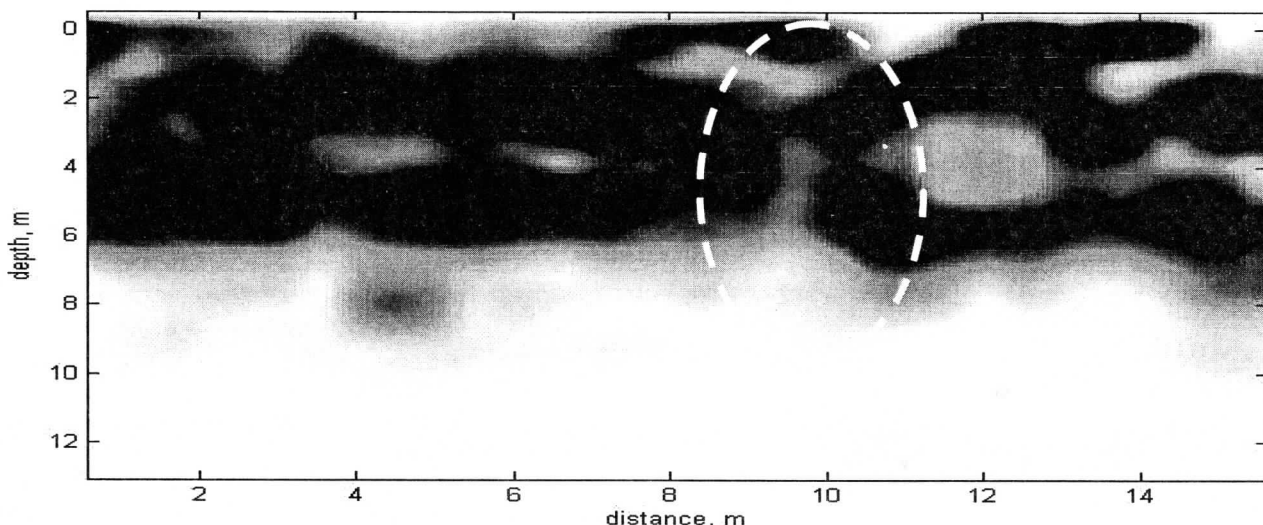
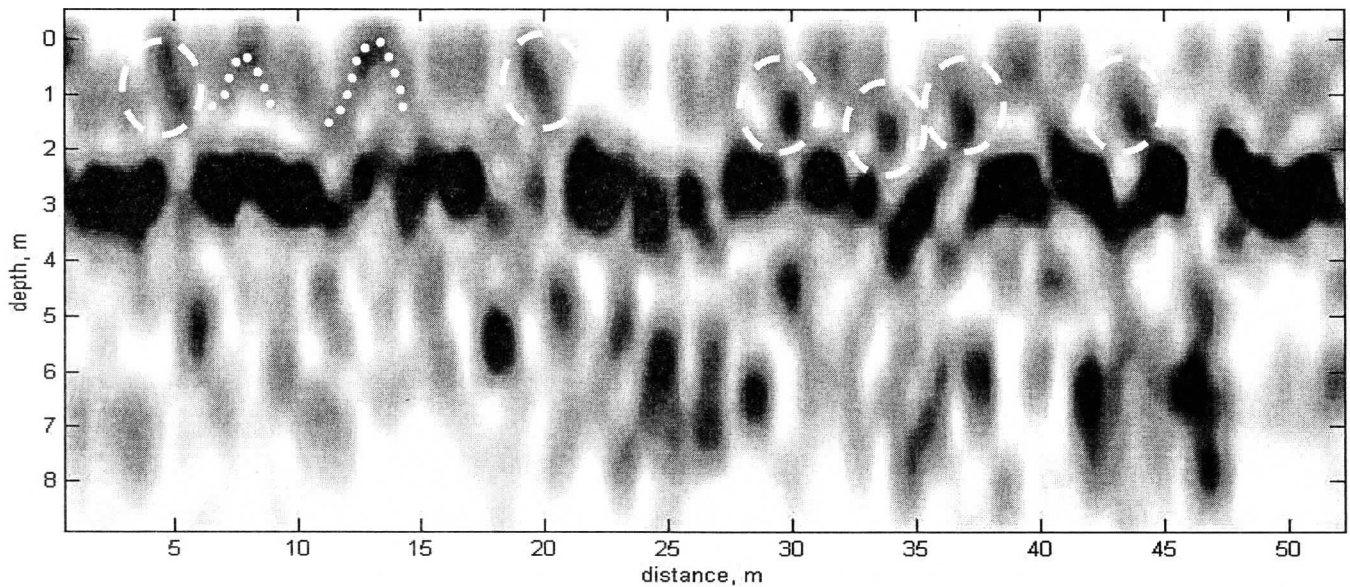


Рисунок 3 - Вид ділянки підповерхневого шару з порушеною структурою ґрунту (виділено білим пунктиром)

На рисунку 4 приведений результат одного з вимірів при розширених випробуваннях георадіолокатора на си-

льно структурованому ґрунті.



**Рисунок 4 - Вид ділянки під поверхневого шару з порушеною структурою ґрунту (білий пунктир - це аномальні об'єкти підвищеної щільності)**

Характерною особливістю ділянки, що показана на рис.4 з'явилася наявність в ґрунті об'єктів з сильно підвищеною щільністю, а також об'єктів з підвищеною поверхневою провідністю. Таке відбиття радіопромєня може давати неокислена поверхня металу, оцинковані вироби, золото й т.д. Звідси, навіть після комп'ютерної обробки зображення збереглася дзвонова форма кривої (див. рис.1в. - два об'єкти, що зліва).

Контрольне буріння екранованих ділянок під поверхневого шару ґрунту показало, що в переважній більшості випадків роль електромагнітного екрану грав порівняно тонкий пласт червоної глини, товщиною від 10 до 30 сантиметрів. Цей шар накопичував у верхній своїй частині об'єму розчин солей, які були вимиті з поверхневого шару ґрунту.

*Ефект імітації екранування електромагнітної хвилі підсилював (практично в усіх 100 % випадків) білий кварцовий пісок, що знаходиться під тонким пластом червоної глини. Він дуже слабо відображав електромагнітну енергію, а товщина його шару - декілька метрів. Криміналістичний набірний шестиметровий щуп проникав в такий ґрунт, після проходження шару червоної глини, практично без особливих зусиль на всю довжину. Характерний "шиплячий" звук від щупа у момент його опускання і контрольне буріння підтверджувало, що за глиною розташовувався пісок.*

#### **Висновки**

1. Проведені випробування показали високу ефективність застосування георадарів (георадіолокаторів, геолокаторів й так інше) для проведення пошукових антитерористичних заходів.

2. Застосування георадарів треба доповнювати звичайною технікою механічного зондування для усунення апаратурних помилок.

3. Доопрацювання характеристик приладу "Скануючий георадар" у бік зменшення глибини зондування (до 10 метрів) з одночасним збільшенням роздільної здатності (мінімальний розмір контролюваного предмету 7-10 сантиметрів) за розміром дозволить озброїти спецпідрозділи органів внутрішніх справ ефективною сучасною апаратурою пошукового класу.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Дикарев В.И., Заренков В.А., Заренков Д.В. Обнаружение взрывоопасных объектов, оружия, наркотиков, опасных газов и радиоактивных загрязнений /Под ред. В.А. Заренкова. -СПб.: Наука и Техника, 2004. -320 с.
2. Булгак Л.В., Осипов И.Н., Степанов А.Н. Металлоискатели: Справочник. -М.: «ООО Родонит», 1999. -80 с.
3. Щедрин А.И. Новые металлоискатели для поиска кладов и реликвий.-М.: «Горячая линия», 2003. -176 с. (Массовая радио библиотека. -Вып. 1261).
4. Саулов А.Ю. Металлоискатели для любителей и профессионалов. -СПб.: Наука и Техника, 2004. -224 с.
5. Дикарев В.И., Заренков В.А., Зваренков Д.В. Методы и средства обнаружения объектов в укрывающих средах /Под ред. В.А. Заренкова. -СПб.: Наука и Техника, 2004. -280 с.
6. Заявка № 2003032473 на отримання патенту на винахід "Пристрій під поверхневого радіолокаційного зондування".
7. Метрологічне атестаційне свідоцтво № 463 від 22.04.2003 р.

*Надійшла до редколегії 28.04.2006*

## ГРОМЫКО И.А., САЙГАК В.Г. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГЕОРАДАРА КАК ПОИСКОВОГО АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО ПРИБОРА

Показано, что при применении георадаров в качестве поисковых антитеррористических приборов необходимо дополнять измерения контрольной проверкой результатов с помощью обычных специализированных устройств механического зондирования.

\*\*\*

## GROMYKO I.A., SAJGAK V.G. RECOMMENDATIONS FOR APPLICATION OF THE GEORADAR AS SEARCH ANTITERRORIST DEVICE

It is shown, that at application of georadars as search antiterrorist devices it is necessary to supplement measurements by control check of results with the help of the usual specialized devices of mechanical sounding.

УДК 681.3

*О.К. ЮДИН, канд. техн. наук, доц.,  
О.Л. ЯКОВЕНКО*

*Європейський університет*

## АНАЛІЗ ПРОЦЕДУР НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ ЗГІДНО ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ ISO/OSI<sup>1</sup>

Розглядаються віддалені атаки згідно рівнів еталонної моделі ISO/OSI, причини успіху їх здійснення на розподілені обчислювальні системи і мережу Internet.

### 1. Еталонна модель взаємодії відкритих систем.

Сучасний ринок комунікаційного устаткування інформаційних систем і мереж є надзвичайно широким і різноманітним. З цієї причини створення сучасних інформаційних систем стало неможливим без використання загальних підходів при їх розробці, без уніфікації характеристик і параметрів їх складових компонент.

Еталонна модель OSI стала основною архітектурною моделлю для систем передачі повідомлень. При розгляді конкретних прикладних телекомунікаційних систем здійснюється порівняння їх архітектури з моделлю OSI/ISO, яка є найкращим засобом для вивчення сучасної технології зв'язку. Вона описана стандартом ISO 7498. Модель є міжнародним стандартом для передачі даних. Згідно еталонної моделі взаємодії BBC виділяються сім рівнів, створюючих область взаємодії відкритих систем: 7-Прикладний, 6-Представницький, 5-Сеансовий, 4-Транспортний, 3-Мережний, 2-Канальний, 1-Фізичний.

Основна мета цієї моделі полягає у тому, що кожному рівню відводиться конкретна роль. Завдяки цьому загальна задача передачі даних розщеплюється на окремі конкретні задачі. Кожен рівень визначається групою стандартів, які включають дві специфікації: протокол і забезпечуваний для вищестоячого рівня сервіс. Під протоколом мається на увазі набір правил і форматів, що визначають взаємодію об'єктів одного рівня моделі.

Кожен рівень має наперед заданий набір функцій, які він повинен виконати для проведення зв'язку [1, с.156].

*Прикладний рівень* (рівень 7) - це найближчий до користувача рівень OSI. Він забезпечує послугами прикладні процеси, що лежать за межами масштабу моделі OSI. Прикладний рівень ідентифікує і встановлює наявність

передбачуваних партнерів для зв'язку, синхронізує спільно працюючі прикладні процеси, а також встановлює і погоджує процедури усунення викривлень і управління цілісністю інформації.

*Представницький рівень* (рівень 6) відповідає за те, щоб інформація, послана з прикладного рівня однієї системи, була читаною для прикладного рівня іншої системи. Представницький рівень займається синтаксисом даних.

*Сеансовий рівень* (рівень 5) встановлює, управляє і завершує сеанси взаємодії між прикладними задачами. Основні функції: управління черговістю передачі даних і їх пріоритетом, синхронізація окремих подій, вибір форми діалогу користувачів (напівдуплексна, дуплексна передача).

*Транспортний рівень* (рівень 4). Межа між сеансовим і транспортним рівнями може бути представлена як межа між протоколами вищих (прикладних) рівнів і протоколами нижчих рівнів. Він забезпечує зв'язок між комунікаційною підмережею і верхніми трьома рівнями, відділяє користувача від фізичних і функціональних аспектів мережі. Головна його задача - управління трафіком (даними користувача) в мережі.

*Мережний рівень* (рівень 3) - це комплексний рівень, який забезпечує можливість з'єднання і вибір маршруту між двома кінцевими системами. Мережний рівень є доменом маршрутизації. Протоколи маршрутизації вибирають оптимальні маршрути через послідовність з'єднань між собою підмереж.

*Канальний рівень* (рівень 2) забезпечує надійний транзит даних через фізичний канал. Виконуючи цю задачу, канальний рівень вирішує питання фізичної адресації, топології мережі, впорядкованої доставки блоків даних і управління потоком інформації. Канальний рівень - визначає правила сумісного використання фізичного

<sup>1</sup> Публікується в авторській редакції.