
СЕНСОРИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

SENSORS AND INFORMATION SYSTEMS

PACS 07.07.Df УДК 621.391

DOI: 10.18524/1815-7459.2021.4.248178

ПОРТАТИВНІ СЕЙСМІЧНІ СИСТЕМИ (ОГЛЯД)

П. П. Фастиковський, Я. І. Лепіх

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2,
м. Одеса, 65082, Україна, e-mails: fpp@te.net.ua, ndl_lepikh@onu.edu.ua

ПОРТАТИВНІ СЕЙСМІЧНІ СИСТЕМИ (ОГЛЯД)

П. П. Фастиковський, Я. І. Лепіх

Анотація. В огляді представлено сучасний стан розвитку портативних (переносних) охоронних та розвідувально-сигналізаційних сейсмічних систем. Показано особливості застосування та переваги таких систем над стаціонарними. Описано загальні тенденції в конструюванні переносних охоронних та розвідувально-сигналізаційних систем. Наведено основні конструктивні особливості і характеристики систем, що серійно виготовляються для використання у цивільних та військових цілях.

Ключові слова: сейсмічний сенсор; наземний сенсор, що не обслуговується (UGS); переносна охоронна та розвідувально-сигналізаційна система

PORTABLE SEISMIC SYSTEMS (OVERVIEW)

P. P. Fastikovsky, Ya. I. Lepikh

Abstract. The review presents the current state of development of portable (transportable) guard and reconnaissance-signaling seismic systems. The features of application and advantages of such systems over stationary are shown, the general trends in the design of the portable guard and reconnaissance-signaling systems are to described. The main design features and characteristics of systems that serially produced for civilian and military use are given.

Keywords: seismic sensor, unattended ground sensor (UGS), portable guard and reconnaissance-signaling system

ПОРТАТИВНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ОБЗОР)

П. П. Фастиковский, Я. И. Лепих

Аннотация. В обзоре представлено состояние современного развития портативных (переносных) охранных и разведывательно-сигнализационных сейсмических систем. Показаны особенности применения и преимущества переносных систем над стационарными системами, выявлены общие тенденции в конструировании переносных охранных и разведывательно-сигнализационных систем. Приведены их основные конструктивные особенности и характеристики серийно выпускаемых для использования в гражданских и военных целях.

Ключевые слова: сейсмический сенсор, необслуживаемый наземный сенсор (UGS), переносная охранная и разведывательно-сигнализационная система

1. ВСТУП

Охоронні та розвідувально-сигналізаційні сейсмічні системи (ОРССС) призначені для встановлення як факту порушення межі території, що контролюється, так і типу об'єкту проникнення (людина, тварина, транспортний засіб) на основі аналізу сейсмічних коливань ґрунту, викликаних таким об'єктом. Коливання ґрунту спочатку перетворюються в електричний сигнал за допомогою механо-електричних перетворювачів генераторного типу, найчастіше – індукційних (геофони) або п'єзоелектричних [1, 2]. Далі перетворений сигнал надходить до блоку обробки, де здійснюється селекція корисних сигналів від завод і класифікація об'єктів, що рухаються.

ОРСС поділяються на стаціонарні та такі, що можуть бути швидко розгорнуті – портативні (переносні). Стаціонарні системи використовуються для постійної охорони периметру будь якої території. Тому для них не так важливі такі параметри як маса, габаритні розміри, енергоспоживання та непомітність на місцевості. Пост охорони при цьому знаходиться на одному постійному місці, куди інформація від системи сейсмічних сенсорів для обробки і аналізу поступає, як правило, по дротах і звідки забезпечуються електроживлення і команди управління.

Переносні системи використовуються як для тимчасової охорони різних об'єктів, так і для розвідувальних цілей. Вони встановлюються в районі доріг або стежок чи потенційних шляхів проникнення, причому час їх

установки займає не більше кількох хвилин. Переносна система може бути як протяжною, що складається з багатьох розташованих на деякій відстані один від одного сейсмічних сенсорів, так і точковою, що містить один сейсмічний сенсор [3]. Такі віддалені від центра управління системи живляться від невеликих автономних джерел і можуть автономно функціонувати продовж багатьох місяців. Головною перевагою переносних систем є їх скритність на контрольованих ділянках, а також їх висока інформативність при мінімумі енергоспоживання. Передача інформації про виявлення рухомого об'єкта в зоні дії системи на пульт управління і індикації (ПУІ) здійснюється за допомогою радіоканалу, в тому числі з використанням ретрансляторів. В останньому випадку система може комплектуватися декількома переносними ПУІ, що забезпечує тактичну гнучкість. Місця установки переносних систем позиціонуються по мапі місцевості вручну, або автоматично за допомогою супутникової глобальної системи визначення місця розташування і можуть бути візуалізовані на моніторі переносного комп'ютерного пристрою.

Перевагами переносних систем у порівнянні із стаціонарними є [4]:

- менша маса і габаритні розміри, менший час розгортання;
- мобільність, тобто можливість швидкого переустановлення на іншій території, у тому числі на непідготовлений в інженерному відношенні місцевості;
- малопомітність при маскуванні;

- можливість роботи з декількома переносними пультами відображення інформації, що забезпечує оперативність управління системою.

2. ПЕРЕНОСНІ ОРССС ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Переносні ОРССС з сейсмічними сенсорами можна умовно поділити на дві групи – охоронні та розвідувально-сигналізаційні системи. Основними завданнями, які вирішуються переносними охоронними системами, є потайне виявлення порушників в місцях, де стаціонарна система з яких-небудь причин не встановлена, або необхідне посилення охорони периметра в окремих зонах. Такі системи виявляють несанкціоноване вторгнення людей чи транспорту і передають сигнал тривоги до ПУІ. Розгортання систем здійснюється вручну. Основне завдання розвідувально-сигналізаційних систем – скритна розвідка на неконтрольованій території (в тому числі під час воєнних дій) в зоні ймовірного пересування противника (стежки, дороги, балки). Такі системи призначені, в основному, для непомітного виявлення, класифікації, підрахунку та визначення напрямку пересування живої сили і рухомої техніки, передачі по радіоканалу даних на ПУІ, які можуть бути віддалені на десятки кілометрів. Системи і ретранслятори можуть комплектуватися пристроями самознищення, що спрацьовують, наприклад, при спробі демонтажу або розряді джерела живлення. Установка засобів виявлення в деяких системах може здійснюватися з повітря (вертольоти) або за допомогою артилерії.

Переносні ОРССС з сейсмічними сенсорами можуть складатися з одного або з декількох зв'язаних між собою кабелем або радіозв'язком сенсорів. При роботі у віддаленому автономному режимі такі сенсори називаються наземними сенсорами, що не обслуговуються (*unattended ground sensors – UGS*) [5, 6]. Наземний сенсор означає сенсор, розташований як на поверхні землі, так і закопаний в ній. В сучасних переносних системах для отримання більш повних даних про рухомі об'єкти сейсмічні сенсори доповнюють інши-

ми типами сенсорів – акустичними, магнітними, оптичними інфрачервоними тощо. Якщо сенсорів багато, то вони можуть утворювати бездротові сенсорні мережі (*wireless sensor network – WSN*) [7].

Для сучасних розробок провідних зарубіжних компаній характерні деякі загальні тенденції в конструюванні переносних ОРССС: застосування нових економічних електронних компонентів і нових на основі літію джерел живлення; використання, крім сейсмічних, перетворювачів інших фізичних величин; використання мультисенсорного комплексу; створення бездротових сенсорних мереж; використання новітніх цифрових методів обробки сигналів; створення ефективних алгоритмів розпізнавання людей та техніки.

Однією з найбільш надійних переносних охоронних систем з сейсмічними сенсорами на даний час є комплекс “PSICON” (*Perimeter security and intrusion classification system*), що випускається англійською компанією *Geoquip* [8, 9]. В ньому у якості сейсмічних перетворювачів використовуються геофони (рис. 1). При монтажі геофонів під землею система “PSICON” надійно виявляє людину, яка селитно йде або повзе. Всі геофони підключені до загального аналізатору, який обробляє сигнали і видає сигнал тривоги при локалізації вторгнення. Геофони з'єднуються армованим багатожильним кабелем і поставляються у вигляді готових до укладання в землю кіс. В аналізаторі системи використовується потужний процесор для обробки сигналів і фільтрації завад, що створюються навколишнім середовищем (шум транспорту, рух коренів дерев, дощ тощо.). Аналізатор використовує принцип розпізнавання образів і порівняння їх з еталонними, що записані в пам'яті процесора. Порівняння відбувається в реальному масштабі часу і дозволяє надійно розпізнавати слабкі сигнали від порушника на фоні навіть значних інтенсивних завад або шумів. Систему можна «навчати» безпосередньо на об'єкті, зберігаючи в пам'яті процесора як «тривожні», так і «перешкоджаючі» сигнали. Аналізатор “PSICON” має габаритні розміри 400x300x110 мм і споживає струм 500 мА при номіналь-

ній напрузі джерела 12 В. Діапазон робочих температур системи: від -25 до $+70$ °С. Виявлення людини досягається на відстані до 20 м. Недоліком системи є необхідність сезонних налаштувань в процесі експлуатації, а також значне енергоспоживання.

До класу переносних охоронних систем можна віднести також комплекс охорони периметру “CLASSIC 2000” (Covert Local Area Sensor System for Intruder Classification) компанії Racal Radio Ltd відомого концерну Racal (Великобританія) [10]. У комплекс входять комбінації сенсорів декількох типів: сейсмічні сенсори (з геофонами), п'єзоелектричні вібраційно-чутливі кабелі, пасивні інфрачервоні сенсори; контактні сенсори (розмикаючі дроти, сенсори тиску). Всі сенсори об'єднуються в групи відповідно до конфігурації зон охорони. Кожен сенсор системи має автономне живлення, блок обробки сигналу та конструктивно об'єднаний з радіопередавачем сигналів тривоги. Сейсмічні сенсори системи “CLASSIC 2000” (рис. 2) дозволяють не тільки виявляти, але й класифікувати рухомі об'єкти, виділяючи три категорії: гусеничний транспортний засіб, колісний транспортний засіб, людина. Відстань, на якій ці сенсори виявляють об'єкт,

залежить від типу і стану ґрунту, а також температури повітря. Так, за сухої теплої погоди радіус виявлення пішохода становить до 25 м, а транспортний засіб виявляється на відстанях не менше 30 м. Система дозволяє визначити не тільки наявність об'єктів, але також їх кількість. Алгоритм обробки сейсмосигналу має адаптивний поріг для зниження рівня помилкових тривог, що викликаються, наприклад, коливаннями ґрунту під час дощу. Розміри корпусу сейсмічного сенсора з батареями живлення (8 «АА» батарейок) – 120x120x52 мм, вага 0,85 кг, розмір власне геофону – 100xФ29 мм. Система призначена головним чином для використання армією, воєнізованими підрозділами, поліцією і спецслужбами. Систему “CLASSIC-2000” відрізняють швидкість розгортання, простота інтерфейсу користувача, велика інформативність.

До переносних охоронних систем сухопутних військ США відноситься автономна тактична автоматизована система забезпечення безпеки TASS (Tactical Autonomous Security System) компанії Qual-Tron [11, 12]. Ця система базується або на мініатюрній системі виявлення MIDS, або на поліпшеній системі EMIDS. TASS має відкриту архітектуру і об'єднує під-

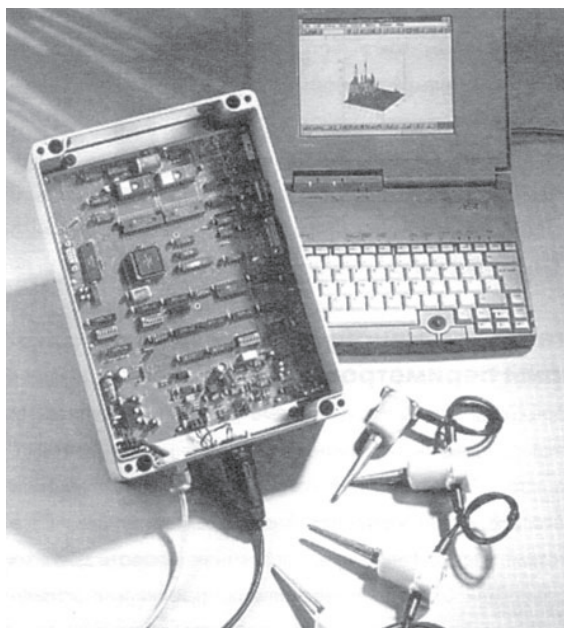


Рис. 1. Геофони і аналізатор сейсмічної системи “PSICON” [9]

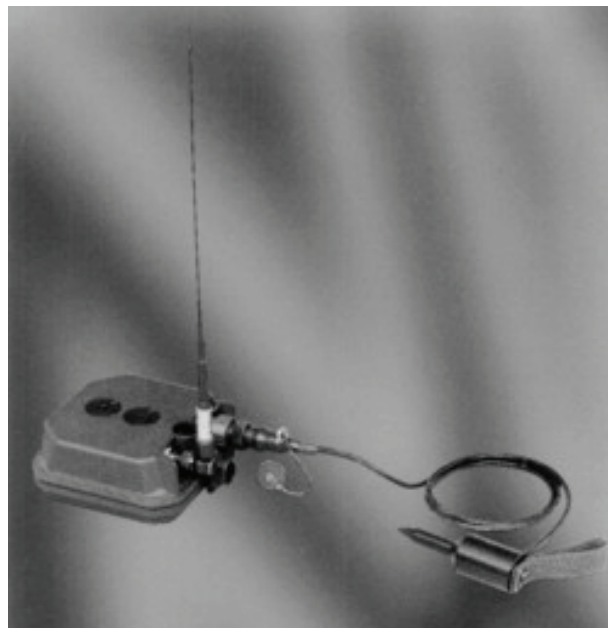


Рис. 2. Сейсмічний сенсор системи “CLASSIC 2000” [10]

системи, комплекси і пристрої, що працюють на різних фізичних принципах. До складу систем MIDS/EMIDS входять сейсмічні, магнітні, інфрачервоні активні і пасивні сенсори. Вага повного комплексу становить 5,5 кг. Далекість виявлення людини, що рухається, сейсмічними сенсорами становить приблизно 20 м. Дані про виявлення рухомого об'єкту передаються в цифровій і аналоговій формі радіопередавачем на пост спостереження і далі через комп'ютерний пристрій можуть транслюватися по телефонних і супутникових каналах зв'язку. MIDS-EMIDS може спрягатися з системами «CLASSIC 2000», «REMBASS», «IREMBASS». Вона використовується більш ніж в 50 країнах світу. Досвід бойового застосування цієї системи в Іраку і Афганістані показав її високу ефективність і надійність.

До класу переносних ОРССС відноситься також ізраїльська система “SensoGuard unattended ground sensors (UGS) system” [13]. У цій системі використовуються сейсмічні сенсори SG-1 з геофонами, які оперативно встановлюються на поверхні землі або на деякій глибині під землею і які віддалено дозволяють виявляти рухомих людей і транспортні засоби. Радіус виявлення людини цими датчиками становить 12 м, а транспорту – 25 м. Напруга живлення – від 3 до 24 В, час автономної роботи при дротовому з'єднанні сенсорів – до 3 місяців, робоча температура – від – 30 до +70 °С. У армійському варіанті бездротової мережі сенсорів (WSN) при використанні потужного літійового джерела живлення час автономної роботи системи зростає до 3 років, а у варіанті віддаленого сейсмічного сенсора з передачею даних по GSM каналу – до 1 року. Габаритні розміри корпусу сенсора SG-1 (блок обробки і передавач) з батареєю живлення – 120x120x52 мм, вага – 0,85 кг.

На озброєнні Росії знаходиться комплекс розвідувально – сигналізаційних засобів (РСЗ) 1К18 «Реалія-У», який призначений для дистанційного виявлення пересування особового складу та техніки у тилу супротивника і на лініях вірогідного зіткнення з ним та передачі відомостей про виявлені об'єкти по радіоканалу за допомогою пристроїв прийому і відобра-

ження інформації в масштабі часі, близькому до реального. Всі РСЗ поряд з функціональними блоками обробки сигналів, що надходять від сейсмічних, акустичних і магнітних перетворювачів, мають малопотужний передавач з антеною, джерело електроживлення і елемент, що забезпечує як неможливість знешкодження РСЗ, так і можливість їх самоліквідації. За допомогою сейсмічного РСЗ 1Б37 виявлення особового складу відбувається на відстанях 30-70 м, колісної та гусеничної техніки – до 500 м. Вага 1Б37 складає 5 кг [14].

Малогабаритний комплекс сейсмічних РСЗ 1К124 «Табун» (Росія) призначений для дистанційного виявлення пересування особового складу (до 50 м) та техніки (до 200 м). Тривалість автономної роботи складає не менше 6 діб, вага – 0,95 кг [14]. Перші варіанти систем 1К18 та 1К124 використовувались ще у війні СРСР в Афганістані.

Сучасний сигналізаційний комплекс «Радіобар'єр» (ООО Полюс-СТ, Росія) – це переносна автономна бездротова малогабаритна охоронна система, призначена для виявлення порушника, який проник на контрольовану ділянку місцевості [15]. Особливості комплексу: мобільність, автономність, скритність, надійність, інформативність, універсальність. У комплексі використовуються радіосигналізатори, що працюють на різних фізичних принципах – інфрачервоний, радіохвильовий, магнітний, – і радіосигналізатор універсальний РС-У, що складається з сейсмічного сенсора і сенсора обривного типу, ретранслятора тривожних і сервісних повідомлень і пристрою для зв'язку з пультом оператора. Радіосигналізатори дозволяють виявити порушника і ідентифікувати його за типом (людина або транспортний засіб). Використовується також автономна система відеоспостереження, яка включається по сигналу від будь-якого засобу виявлення або по команді оператора. Тривожне повідомлення передається по радіоканалу за допомогою ретранслятора(ів) на переносний контрольний приймач і (або) пульт оператора. Сигналізатори РС-У разом з літійовими джерелами живлення встановлюються в ґрунт на глибину 20-30 см, а на поверхні знаходиться

тільки антена у вигляді тонкого дроту. РС-У може працювати на будь-яких типах місцевості, в будь-яких ґрунтах, зберігає працездатність під снігом, не вимагає сезонних налаштувань і періодичного обслуговування. Час автономної роботи від одного джерела живлення без підзарядки і заміни складає до 5 років; діапазон робочих температур становить від -40 до +50 °С. Вага РС-У становить 0,7 кг, а габаритні розміри – 120х64х64 мм. Сейсмічний засіб РС-У за допомогою вбудованого геофона виявляє людину на дальності до 100 м, автомобіль – до 200 м (чутливість регулюється по радіоканалу). Час установки одного РС-У становить близько 5-10 хвилин. Після підключення живлення до РС-У вбудований мікропроцесор безперервно обробляє сейсмічний сигнал і формує сигнали тривоги тільки в тому випадку, якщо сигнал схожий з кроками людини або рухом транспортного засобу. Підключений до комп'ютера РС-У організовує обмін даними між радіомережею і картографічною системою. Це дає можливість наочно відобразити встановлені радіосигналізатори на карті або плані місцевості, дистанційно керувати параметрами і режимами їх роботи. Регулювання чутливості і вибір функції РС-У (сейсмічний, обривний засіб виявлення або ретранслятор) здійснюється по радіоканалу з переносного контрольного приймача або персонального комп'ютера. При регулюванні чутливості сейсмічного засобу виявлення можна визначити рівень сейсмошумів в режимі реального часу і, якщо це необхідно, налаштувати чутливість для досягнення необхідного радіуса виявлення.

На озброєнні армії США знаходиться система дистанційно керованих РСЗ, яка отримала назву “REMBASS” (Remotely Monitored Battlefield Sensor System) розробки компанії L-3 Communications – East (США). Модифіковані системи – “IREMBASS” і “REMBASS-II”. Всі ці системи призначені для ведення розвідки в усіх видах бою на будь-якому театрі військових дій [16, 17]. РСЗ систем використовуються при спостереженні за великими за площею ділянками місцевості, позиціями противника, районами зосередження, шляхами руху військ, водними перешкодами і перепра-

вами в реальному масштабі часу, забезпечуючи при цьому можливість не тільки виявляти, але й розпізнавати цілі (гусеничну і колісну техніку, особовий склад), а також фіксувати час, напрямок, швидкість руху і визначати довжину колон військової техніки. Крім того, передбачається прикриття РСЗ мінних полів та інших загороджень, а також закидання в передбачувані або заздалегідь намічені райони (рубезі) дистанційного мінування або в заплановані райони висадки морських (повітряних) десантів.

Система “REMBASS-II” являє собою систему UGS, яка в пасивному режимі виявляє, класифікує та визначає напрям руху людей і транспортних засобів, що проникли в контрольовану системою зону. Її РСЗ включені в єдину мережу і пов'язані між собою через інтегровану УКХ – радіостанцію (рис. 3) [17]. Також передбачається передача даних виявлення на віддалений командний центр через супутникову систему зв'язку. РСЗ розгортаються на видаленні 50–350 м один від одного на найімовірніших напрямках руху мобільних об'єктів (дороги, переправи і ін.). Вони можуть встановлюватися вручну (наприклад, силами розвідувально-диверсійних груп) або дистанційно (за допомогою авіації, артилерії, дистанційно керованих машин – роботизованих засобів). Кожен РСЗ включає сенсор, радіопередавач, електронний блок обробки сигналу і акумуляторну батарею. У комплект кожної системи входять РСЗ трьох типів: сейсмоакустичні МК-2967/GRS, магнітні МК-2966/GRS та інфрачервоні МК-2965/GRS. Система може бути доповнена додатковими типами сенсорів – хімічними/біологічними, радіочастотними, метеорологічними – без зміни та оновлення апаратного та програмного забезпечення. В сейсмоакустичних РСЗ основним каналом прийому є сейсмічний. Акустичний канал включається додатково для розпізнавання цілі по супроводжуваним їй рух звуків. У якості сейсмічних і акустичних перетворювачів в них використовуються заглиблені в ґрунт геофони і розташовані над землею мікрофони, відповідно. В даний час саме РСЗ з такими сенсорами отримали найбільш широке поширення. Характерні особливості сей-

смічних сигналів аналізуються вбудованим в електронний блок обробки сигналу логічним пристроєм, який визначає тип виявленої цілі: особовий склад, транспортний засіб (колісний або гусеничний). Потім координати цілі і дані її класифікації передаються передавачем РСЗ на пристрій управління системою і відображення отриманих розвідувальних даних, що знаходиться в пункті управління військами. Сейсмоакустичний РСЗ може визначати гусеничні транспортні засоби до 350 метрів, вантажні автомобілі до 250 метрів і людей до 75 метрів. Його вага складає 1,2 кг, габаритні розміри – 18,9x10,4x8,0 см, робочий діапазон температур – від -40 до +65 °С. Час автономної роботи з літєвою батареєю становить 3 місяця [16]. РСЗ системи можуть визначати не тільки тип об'єкту, що рухається, але його кількість, напрям руху та швидкість, а також локацію. До комплекту REMBASS-II включений радіоретранслятор RT-1175C / GSQ, що має дальність передачі до 15 км. Дальність може бути збільшена до 150 км, за рахунок використання БПЛА в якості ретранслятора, або до глобальних дальностей при використанні блоку ретранслятора супутникового зв'язку. Система знаходиться на озброєнні сил спеці-

альних операцій, сухопутних військ і військово-повітряних сил США і Ізраїлю та успішно застосовувалася в Іраку і Афганістані [18]. На думку зарубіжних військових фахівців система REMBASS-II на сьогоднішній день є досконалим і концептуально завершеним засобом ведення розвідки.

На озброєнні сухопутних військ США знаходяться також мобільні системи РСЗ «SCORPION» та «SCORPION-II» (SCORPION: Unattended Target Recognition Systems) виробництва американської корпорації *Northrop Grumman* [19]. Вони призначені для таємного дистанційного виявлення і стеження за пересуванням людей і наземної техніки, а також для класифікації об'єктів в тактичній (оперативно-тактичній) глибині. Всі РСЗ встановлюються вручну, а необхідний на це час не перевищує декількох хвилин. РСЗ виконані в спеціальному захисному металевому корпусі і розраховані на автономну експлуатацію в несприятливих кліматичних умовах. До комплекту кожного РСЗ системи «SCORPION» входять: один сенсор, електронний блок обробки з УКХ – передавачем і акумуляторна батарея. В електронний блок обробки задалегідь встановлено універсальне програмне забезпечення для попередньої обробки даних від сенсорів різного типу. Для підвищення ефективності сенсорів і зниження ймовірності їх помилкового спрацювання в РСЗ використовується регулювання порога чутливості. Спрацювання сенсора в електронному блоці обробки РСЗ формує кодований сигнал, який потім передається на командний пункт.

В системі «SCORPION-II» [20] використовуються РСЗ комбінованого типу, які мають менші масогабаритні характеристики і енерговитрати, а також збільшений в два рази час безперервного функціонування (до шести місяців). До основного складу такого РСЗ входять три сенсора – сейсмічний, магнітометричний і пасивний інфрачервоний. Комбінація може бути змінена за допомогою акустичних, гідроакустичних, хімічних/біологічних та оптичних сенсорів. Виявлення людини сейсмічним сенсором відбувається на відстані до 15 м, а транспортного засобу – до 50 м в діапазоні



Рис. 3. Основні елементи системи «REMBASS-II» [9]: 1 - засіб індексації та програмування AN/PRQ-16 (для прийому даних від РСЗ); 2 - інфрачервоний РСЗ МК-2965/GRS; 3 - радіоретранслятор; 4 - станція обробки (польовий комп'ютер); 5 - сейсмоакустичний РСЗ МК-2967/GRS; 6 - магнітний РСЗ МК-2966/GRS

температур від -25 до $+60$ °С. Відмінними рисами даної системи є:

- модульна, відкрита і нарощувана архітектура для налаштування РСЗ в ході ведення бойових дій (операцій);

- адаптований, безпечний, двосторонній зв'язок через лінії ближнього УКХ – радіозв'язку або заобрійного зв'язку (система супутникового зв'язку «Iridium»);

- функціональна сумісність з сенсорами різного типу (сейсмічний, магнітометричний або комбінований сейсмічний / магнітометричний, акустичний, пасивний інфрачервоний);

- низьке енергоспоживання елементів системи, збільшений час безперервного їх функціонування та ін.

На початку 2000-х років на озброєння сухопутних військ США була прийнята нова система РСЗ RF-5400 Falcon Watch виробництва компанії Harris Corporation (в даний час – L3 Harris Technologies). Дана система призначена для таємного автоматичного дистанційного виявлення і спостереження за пересуванням людей і наземної техніки, а також для стеження за мобільними і стаціонарними об'єктами в тактичній (оперативно-тактичній) глибині [21]. Всі РСЗ системи встановлюються вручну. Вони включають сейсмічні, пасивні інфрачервоні і магнітні сенсори. Кожний РСЗ включає до свого складу один-три сенсора, електронний блок обробки з УКХ – передавачем і акумуляторну батарею. В електронний блок обробки встановлено універсальне спеціальне програмне забезпечення, яке використовує єдиний алгоритм попередньої обробки даних для різних типів сенсорів. Застосування регульованого порога чутливості датчиків значно знижує ймовірність їх помилкового спрацьовування. Для визначення напрямку руху об'єктів в системі застосовується кутомірний спосіб. Дальність виявлення сейсмічним датчиком людини становить 15 м, транспортного засобу – 50 м. Окремо існує акустичний РСЗ з решіткою мікрофонів, призначений для виявлення транспортних засобів, літальних апаратів, визначення пеленгу на них та передачі цих даних на станцію їх обробки. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє відстежувати місце роз-

ташування об'єктів в контрольованому районі і в реальному масштабі часу відображати дані поточної тактичної обстановки на тлі електронної карти місцевості.

Система Falcon Watch може застосовуватися або для охорони і спостереження за підконтрольною територією, або для ведення розвідки в глибині території, зайнятій противником. В обох випадках задіюються РСЗ і ретранслятори, що забезпечують зв'язок на дальність прямої радіовидимості, при цьому дані оповіщення (сигнали тривоги) надходять на УКХ – радіостанції. В системі при спрацьовуванні сенсорів на контрольованій ними території РСЗ проводять попередню обробку вхідних даних для виключення помилкового спрацьовування. У разі прийняття позитивного рішення формується сигнал тривоги у вигляді синтезованого голосового повідомлення (наприклад: «сенсор № 8, автомобіль») або формалізованого текстового повідомлення про об'єкт із зазначенням номера активованого сенсора і типу виявленого об'єкта по закритому каналу УКХ – радіозв'язку прямої видимості і через ретранслятори поступає на станцію обробки даних і управління, що розміщена на пункті управління.

Майже всі наведені вище системи по суті є системами з віддаленими наземними сенсорами, що не обслуговуються – так звані Unattended Ground Sensors (UGS) systems [5]. Одна з основних причин впровадження технології автоматичних наземних сенсорів полягає в тому, що жоден сенсор, будь то сейсмічний, акустичний, оптико-електронний, магнітний, інфрачервоний або радіолокаційний, не може забезпечити повне покриття всіх цілей на всіх дистанціях. Замість цього застосовується багаторівневий підхід, тобто одночасне розгортання кількох різних типів повністю взаємопов'язаних сенсорів з метою отримання якомога більшого обсягу інформації з місця дії, що знаходиться під наглядом. Ці системи встановлюються вручну або скидаються з вертольота чи літака. Більш ранні (по виготовленню) системи містять окремі РСЗ з сенсорами певного типу, підключеними до віддаленого центру контролю і управління за допомогою

радіоканалу з використанням ретрансляторів або через супутник. Кожен окремий РСЗ забезпечує роботу одного сенсора і не поєднує дані від інших сенсорів. На противагу цьому, нові системи UGS використовують мультисенсорне об'єднання і високошвидкісну обробку для поліпшення виявлення і класифікації цілей. Численні типи сенсорів можуть бути інтегровані в мережеву систему сенсорів, що забезпечує енергоефективність та підтримує спільну обробку даних і інформації. По сенсорній мережі UGS система може здійснювати виявлення рухомих об'єктів, їх відстеження, локалізацію і розпізнавання. Надійна інформація про цілі може бути отримана шляхом об'єднання інформації, отриманої від різних типів сенсорів, спільно розташованих на одному і тому ж UGS. Об'єднання сенсорів більш високого рівня, включаючи інформацію з різних UGS, також може підвищити продуктивність. Наприклад, об'єднання інформації від сейсмічних, акустичних та інфрачервоних сенсорів може поліпшити класифікацію та ідентифікацію цілей, а об'єднання інформації про пеленг з різних UGS можна використовувати для триангуляції і оцінки місця розташування об'єктів [5]. UGS передають дані в центр контролю по бездротовим радіочастотним каналах або через супутник.

У UGS є багато переваг, які можна використовувати в ОРССС. Такі системи в основному працюють у пасивному режимі (тільки прийом), що знижує вимоги до їх енергоспоживання і можливості виявлення. UGS можуть працювати автономно місяцями завдяки сучасним акумуляторам, а невеликий розмір і фіксоване розташування ускладнюють їх візуальне виявлення. Так як акумулятор в першу чергу визначає розмір і вагу UGS сенсора, то для підтримки його тривалої автономної роботи вирішальне значення має енергоефективність передавача [22]. Цінова доступність сучасних UGS дозволяє розгорнути їх у великій мережі. До UGS систем пред'являються наступні експлуатаційні вимоги: пасивний тип датчиків, невисока вартість, широка зона покриття, міцність і стійкість до погодних умов, розпізнавання цілей, можливість віддаленого

моніторингу і перепрограмування, тривалий термін служби (в залежності від місії), надійний радіозв'язок, захист від злому.

Концепція об'єднання декількох сенсорів використана в мультисенсорних виробках Umra 1G ID, Umra 1G CL і Umra Mini шведської компанії Exensor [23]. Сенсорний блок Umra 1G ID включає два зонда з п'ятьма сенсорами, включаючи один сейсмічний, один акустичний і три магнітних сенсора. Інформація, зібрана цими сенсорами, передається за допомогою радіорелейної лінії на базову станцію, яка складається з переносного комп'ютера і радіоприймача, що працює під управлінням спеціалізованого програмного забезпечення Umra. Використовуючи базову станцію, оператор може бачити і аналізувати інформацію, отриману від сенсорів. Це програмне забезпечення також включає шаблони транспортних засобів для того, щоб оператор міг визначити тип машини, що маневрує поблизу від датчика, а також її швидкість і напрямок руху. Сенсори можуть виявляти людей на відстані 15 м., а виявлення транспортних засобів можливо на дистанції 200 м.

Сенсор Umra Mini має сейсмоприймач і мікрофон для виявлення і класифікації різних цілей: особовий склад на дистанції до 50 м і важкі машини – до 500 м. Ці сенсори можуть об'єднуватися в бездротову комірчасту мережу, що самовідновлюється. Компанія Exensor також поставляє «інструментарій», який підключає ці сенсори до просунутої комірчастої мережі з малим енергоспоживанням.

UGS система «DARPA» (США) [24] складається з чотирьох вузлів сенсорів різного типу (включаючи радіочастотний), перехідного мережевого вузла і командного пульта оператора. Сенсорні вузли містять пасивні сейсмічні і акустичні сенсори і мережу зв'язку ближньої дії для взаємодії з перехідним мережевим вузлом. У таких систем є GPS і можливість точного визначення своєї локації. Пристрій перехідного мережевого вузла збирає цільову інформацію від сенсорних вузлів по WSN для визначення діапазону цілей, пеленга, класифікації і характеристик цілей для ідентифікації. Він також містить «далекобійне»

комунікаційне обладнання, необхідне для відправки інформації на пульт управління на відстань до 25 км. При дальності до цілі не більше 500 м ймовірність її виявлення становить понад 70%, а ймовірність помилкового виявлення – менше 10%.

Англійська фірма Digital Barriers виготовляє UGS систему «RDC» [25]. Виявлення сейсмічним датчиком цієї системи (рис. 4) людини відбувається на відстанях до 30 м, а великих транспортних засобів на ґрунті – до 100 м. Тварин UGS «RDC» не відокремлює, тому при їх появі в зоні контролю UGS виникають помилкові спрацьовування UGS. Діаметр UGS становить 90 мм, а вага – 0,5 кг; робоча температура – від -20 до +70 °С. Літєва батарея забезпечує безперервну роботу сенсора до 6 місяців.



Рис. 4. Сейсмічний сенсор UGS «RDC 2» [25]

Компанія Pathfinder (США) виробляє сейсмічні сенсори E-UGS (рис. 5), які можуть працювати як окремо, так і в системному режимі WSN і виявляти людину та транспортні засоби [26]. Габаритні розміри сенсора: 66 x 195,6 мм, вага – 453 г. Літєва батарея забезпечує роботу сенсора продовж року.



Рис. 5. Сейсмічний сенсор E-UGS [26]

Болгарська фірма High-tech IMS Ltd виробляє сейсмічні UGS сенсори (рис. 6), які здатні виявляти: людину на відстані до 50 м, колісну техніку – до 100 м і гусеничну техніку – до 300 м [27]. Але при цьому вірогідність коректного виявлення низька: $\approx 70\%$. Робочий діапазон температур складає від -25 до +60 °С. Живлення забезпечується літєвою батареєю з напругою 3,6 В. Вага сенсора складає 870 г.



Рис. 6. UGS сейсмічний сенсор фірми High-tech IMS Ltd [27]

Чеська фірма EVPU Defence виробляє сейсмічні системи UGS для виявлення людини та транспортних засобів [28]. Кожний UGS являє собою мультисенсор, що включає в себе сейсмічний сенсор та сенсор обривного типу. UGS також може працювати як ретранслятор. Система з таких UGS крім виявлення рухомих об'єктів може визначати напрямок їх руху, швидкість та координати. Далекість виявлення людини – 100 м, а транспортних засобів – 200 м. Автономність роботи складає до 6 років (у компактному варіанті – 3 міс.). Глибина закопування мультисенсорів складає 30-50 см.

Для виявлення людини і транспортних засобів американська компанія McQ Inc. розробила та виготовила UGS для WSN мереж [29]. Кожний UGS сенсор складається з сейсмічного, акустичного та магнітного перетворювачей. По сейсмічному каналу сенсор може виявляти людину та транспортні засоби. Габаритні роз-

міри одного сенсора системи: 70 x 51 x 33 мм, вага – 134,5 г, діапазон робочих температур від -20 до +60°C.

Ізраїльська компанія IAI Elta Systems [30] розробила оригінальні UGS сенсори, які можуть встановлюватися за допомогою відстрілу з міномета. Вони є частиною мережі автоматичних наземних сенсорів EL / I-6001 цієї компанії. Сейсмічні та акустичні сенсори артилерійської доставки можуть працювати без зовнішнього джерела живлення до 30 днів, визначати рухомих людей на дистанції 30-50 метрів і транспортні засоби до 500 метрів. Система EL / I-6001 може доповнюватися автоматичним оптико-електронним сенсором, який визначає важкі автомобілі на відстані понад 500 метрів і людей понад 100 метрів, а також опціональним мініатюрним радаром, що працює на сонячній енергії і має дальність визначення транспортних засобів і людей 300 метрів. Всіма цими сенсорами можна управляти з відповідного центру командування і управління EL / I-6001, який включає комп'ютер управління, людино-машинний інтерфейс, модем і приймач для мережі автоматичних наземних сенсорів.

Компанія Elbit Systems Ltd (Ізраїль) виготовляє інтелектуальні універсальні мережеві сейсмоакустичні сенсори «SAND» (Smart All-Terrain Networked Detector), які, за твердженням компанії, можуть визначити рух транспортних засобів і людей на будь-якій місцевості [31]. Ці сенсори (рис. 7) можна з'єднувати в бездротову мережу і використовувати



Рис. 7. Сенсор «SAND» компанії Elbit Systems [31]

вати в самих різних додатках, наприклад, при охороні периметрів і для розпізнавання на полі бою. Що стосується розміщення, то сенсори можна розмістити або прямо на ґрунті, або закопати на невелику глибину. Пропонуються різні моделі з тривалістю роботи від п'яти до десяти років.

Автоматичний наземний мініатюрний сенсор «Dragon Sense» від Frontline Defense Systems (США) складається з сейсмоприймача і мікрофона для визначення і класифікації людей, наземних транспортних засобів, літальних апаратів, що летять низько, а також земляних робіт, що ведуться [32]. Ці сенсори з'єднані в бездротову комірчасту мережу, що самовідновлюється. Кожен сенсор може визначати і класифікувати людей на дистанції 50 м, вантажівки – 200 м, а гусеничний транспорт – 500 м при температурі довкілля від -30 до +70 °С. Кожен сенсор, включаючи перетворювач, передавач, антену і батарею важить 0,8 кг при габаритних роцзмірах 62 x 68 x 132 мм і працює на різних радіочастотах. Батареї живлення вистачає на 1-2 місяці автономної роботи. Крім сейсмічних і акустичних можливостей система «Dragon Sense» також об'єднує пасивні інфрачервоні, магнітні сенсори і камери в свою комірчасту мережу. Вірогідність коректного виявлення об'єктів, що рухаються, становить 0,95.

Компанія Textron Defense Systems (США) [30, 33] виготовляє вироби, які можуть бути



Рис. 8. Модуль збору інформації, розвідки і спостереження від Textron Defense Systems [30]

використані як в польових, так і в міських умовах. Модуль збору інформації, спостереження і розвідки цієї компанії з використанням сейсмічного та інфрачервоного сенсорів, а також оптико-електронного пристрою може визначати людей, повітряні та транспортні засоби, класифікувати ці цілі і надавати інформацію про їх місцезнаходження як в денний, так і в нічний час (рис. 8). Зібрані ним відомості передаються на вузол мережевого інтерфейсу, який об'єднує дані від сенсорів і передає загальну інформацію по каналу далекого зв'язку іншим користувачам. Дані надходять в модуль мережевого інтерфейсу поряд з даними від радіологічного вузла, який визначає і повідомляє про гамма-променеви випромінювання і його потужність.

Вироби компанії Textron можуть застосовуватися для захисту чого завгодно, від колон вантажівок на марші і до стаціонарних оперативних баз. У конструкцію сенсорів цієї компанії закладена простота і зручність експлуатації, тому вони можуть швидко розгортатися піхотинцями для проведення відносно нетривалих операцій або встановлюватися на тривалий час для довготривалих завдань. Прикладом таких можливостей можуть служити вироби цієї компанії, що складаються з вузла Microobserver

МО-1045 і батарей, які дозволяють працювати до 24 днів, або вузла Microobserver МО-2730, який може залишатися на одному місці без обслуговування до двох років. Сейсмічні сенсори «MicroObservers» можуть інтегруватися з іншими системами, такими як радари або камери, для виявлення та відстеження. В такому комплекті людей та важку техніку ці сенсори виявляють на відстанях 100 і 250 м, відповідно. Сенсори MicroObservers застосовуються для розвідки і спостереження не тільки за наземними транспортними засобами, але також за пілотованими і безпілотними системами. Тестування сенсорів проводилося військовими підрозділами США в Афганістані.

3. ВИСНОВКИ

Огляд наявних переносних сейсмічних систем як для військових, так і для цивільних

цілей, які виробляються провідними зарубіжними фірмами, показує, що розглянуті системи характеризуються такими загальними особливостями як:

- застосуванням нових економічних електронних компонентів, що призводить до зниження енергоспоживання як окремих сенсорів, так і систем на їх основі. Це дозволяє створювати системи з автономним електроживленням, які не потребують застосування кабелів живлення;

- застосуванням нових на основі літію джерел живлення, що дозволяє збільшити термін безперервної роботи віддалених сенсорів і систем;

- використанням, крім сейсмічних, перетворювачів за інших фізичних принципів – акустичних, п'єзоелектричних, магнітного поля, теплового випромінювання тощо.);

- застосуванням UGS, що використовують мультисенсорне об'єднання;

- наявністю мініатюрних радіопередавачів, вбудованих в сенсори систем, що дозволяє створювати бездротові сенсорні мережі для контролю територій та охорони периметрів з високошвидкісною обробкою даних для поліпшення виявлення і класифікації цілей;

- передачею даних в центр контролю по бездротовим радіочастотним каналах або через супутник;

- використанням новітніх цифрових методів обробки сигналів, що призводить до появи «інтелектуальних» сенсорів і систем з такими функціями, як розпізнавання типових сигналів вторгнення і локалізації порушника в межах зони контролю, визначення напрямку його руху, дистанційна діагностика і налагодження систем тощо;

- застосуванням новітніх ефективних алгоритмів виявлення та високоточного розпізнавання об'єктів, що рухаються;

- малими габаритними розмірами і вагою, що сприяє прихованій установці елементів систем.

За останні роки значно зменшилися конструкційні розміри сенсорів систем, при цьому їх функціональність різко зросла. В значній мірі цьому сприяв процес мініатюризації, що

дозволив розмістити радіологічні, біологічні та хімічні сенсори в невеликі і малопомітні блоки. Таким же чином поступово збільшується термін роботи батарей, що дозволяє сенсорам працювати все більш тривалий час. В даний час, багато з ОРССС контролюються з використанням переносного або персонального комп'ютера. Однак, надалі управління сенсорами і зібраної ними інформацією все більшою мірою буде виконуватися за допомогою ручних пристроїв, наприклад персональних цифрових помічників (PDA) або смартфонів. Можливо, найближчим часом для контролю цих сенсорів стане доступним програмне забезпечення у вигляді завантажуваних додатків для смартфонів або PDA, які стають звичайними засобами оснащення бойових підрозділів [30].

Найбільш актуальними проблемами розвитку на сучасному етапі, які до теперішнього часу є не вирішеними, залишаються:

- забезпечення заданої завадостійкості функціонування ОРССС на тлі різних перешкод антропогенного та техногенного характеру;
- забезпечення автоматичної адаптації ОРССС в різних умовах застосування (в різних ґрунтах і в різних природнокліматичних умовах, при зміні погоди, намоканні або промерзанні ґрунту).

Список використаної літератури

- [1]. B. S. Vvedenskiy. Podzemnyye diskretnyye datchiki dlya okhrany perimetrov // *Algorytm bezopasnosti*, №5, (2012), <https://algorithm.org/arch/arch.php?id=60&a=1209>. (in Russian).
- [2]. Ya. I. Lepikh, A. A. Yevtukh, V. O. Romanov. Suchasni mikroelektronni datchyky dlia intelektualnykh system--//Visn.NAN Ukrainy, 2013, No. 4.- S.40-49. (in Ukrainian).
- [3]. P. Fastyskovsky, M. Glauberman, Ya. Lepikh. Point seismic system for detection and recognition of moving person and vehicles. The Fourth Internat.Conf. on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo'2019), 09-13 Sept. 2019, Odesa, Ukraine, PP. 1-4.
- [4]. S.S. Zvezhinskiy. Bystrorazvertyvayemye sredstva obnaruzheniya i sistemy okhrannoy signalizatsii // *Tekhnika dlya spetssluzhb*, BNTI, www.bnti.ru 27.01.2006. (in Russian).
- [5]. Z. Haig. Networked unattended ground sensors for battlefield // *AARMS*, 3(3), P. 387-399 (2004).
- [6]. P.P.Fastykovsky, Ya.I.Lepikh. Remote Compact Seismic Sensor for the Moving Person Detection // *IEEE Sensors Letters*, 4(8), P. 1-3, (2020). ASN 2500903, doi: 10.1109/ LSENS. 2020.3007831 <<https://doi.org/10.1109/ LSENS.2020.3007831>>.
- [7]. H. Attia, S. Gaya, A. Alamoudi at al. Wireless Geophone Sensing System for Real-Time Seismic Data Acquisition // *IEEE Access*, 8, P. 81116-81128 (2020), doi: 10.1109/ ACCESS. 2020.2989280.
- [8]. Perimeter Security and Intrusion Classification system (Psicon) // *Geoquip booklet*, <http://www.geoquip.com>.
- [9]. B. S. Vvedenskiy. Sovremennyye sistemy okhrany perimetrov // www.GSM-guard.net. (in Russian).
- [10]. B. S. Vvedenskiy. Obzor zarubezhnykh bystrorazvorachivayemykh kompleksov dlya okhrany perimetrov // *Tekhnika dla spetssluzhb*, BNTI, www.bnti.ru 12.04.2006. (in Russian).
- [11]. D. Khorosheyev. Razvedyvatel'nosignalizatsionnyye okhrannyye sistemy i sredstva obnaruzheniya Sukhoputnykh voysk SShA // *Zarubezhnoye voyennoye obozreniye*, №4, S. 45-53 (2011). (in Russian).
- [12]. A. Gostev. Systema obespecheniya bezopasnosti obyektov TASS Sukhoputnykh voysk SShA // *Zarubezhnoye voyennoye obozreniye*, № 7, S. 36-38 (2011). (in Russian).
- [13]. Unattended ground sensors system // *SensoGuard booklet*. <http://www.SensoGuard.com>.
- [14]. Razvedyvatel'no-signal'naya apparatura 1K18 «Realiya-U», 1K124 «Tabun», 1K119 «Realiya-1/10», 17.05.2009. <https://117orb.at.ua/publ/5-1-0-56>. (in Russian).
- [15]. Radiobaryer // *Polyus-ST*. <http://www.polus-st.ru/products/radiobarrier/>. (in Russian).
- [16]. REMBASS-II (Remotely Monitored Battlefield Sensor System). www.L-3Com.com/cs-east.
- [17]. V. Veremeyev. Primeneniye Razvedyvatel'no-signalizatsionnykh priborov VS SShA na

sovremennom etape // Zarubezhnoye voyennoye obozreniye, №3, S. 51-53 (2017). (in Russian).

[18]. Elektronnyye sredstva razvedki i signalizatsii, http://www.0ck.ru/voennoe_delo_i_grazhdanskaya_oborona/elektronnyye_sredstva_razvedki_i.html. (in Russian).

[19]. Ye. Maksimov. Amerikanskaya sistema razvedyvatelno-signalizatsionnykh priborov «Skorpion» // Zarubezhnoye voyennoye obozreniye, №5, S. 49-52 (2014). (in Russian).

[20]. M. Coster, J. Chambers. SCORPION II Persistent Surveillance System Update // Proc. SPIE 7693, Unattended Ground, Sea, and Air Sensor Technologies and Applications XII, (7 May 2010) PP. 76931Q-1 – 76931Q-11, doi:10.1117/12.850427.

[21]. A. Maksimenkov. Amerikanskaya sistema razvedyvatelno-signalizatsionnykh priborov «Falcon Watch» // Zarubezhnoye voyennoye obozreniye, №12, S.40-44 (2009). (in Russian).

[22]. A. Vick, R. M. Moore, B. R. Pirnie, J. Stillion. Aerospace Operations Against Elusive Ground Targets. Appendix A: Advanced Technologies and Systems, <http://www.rand.org/publications/R/MR1398/MR1398.appa.pdf>.

[23]. Common (ground) sense // The Free Library. Armada International, August 1 2011, [https://www.thefreelibrary.com/Common+\(ground\)+sense.-a0266643870](https://www.thefreelibrary.com/Common+(ground)+sense.-a0266643870).

[24]. Tactical Sensors – Unattended Ground Sensors, <http://dtsn.darpa.mil/ixo/programdetail.asp?progid=29>.

[25]. Unattended ground sensors RDC ultramash+, <http://www.digitalbarriers.com>.

[26]. Expendable Unattended Ground Sensors (E-UGS) // Pathfinder booklet, <https://bssholland.com/product-tag/pathfinder/>.

[27]. Seismic sensor, <http://high-tech-ims.com/portfolio/seismic-sensor/>.

[28]. Seismic systems-unattended ground sensors // EVPU Defence, www.evpudefence.com

[29]. Surveillance Sensor // McQ Ranger®, http://www.mcqinc.com/pdf/SURV_McQ_Ranger_Datasheet_20210127_mt.pdf.

[30]. Alex Alexeev. Automatic ground sensors // Military Review, November 11 2014, <https://en.topwar.ru/62088-avtomaticheskienazemnye-sensory.html>.

[31]. UGS // Elbitsystems, <https://elbitsystems.com/product/ugs/>.

[32]. Dragon Sense. Unattended Ground Sensor System (UGS) // Frontline Defense Systems, <http://www.frontlinedefensesystems.com/overview/dragonsense.html>

[33]. MicroObserver – Unattended Ground Sensor (UGS) system // Textrondefense, www.textrondefense.com/products/isr/ugs.php.

Стаття надійшла до редакції 11.11.2021 р.

PACS: 07.07.Df UDC 621.391
DOI: 10.18524/1815-7459.2021.4.248178

PORTABLE SEISMIC SYSTEMS (*OVERVIEW*)

P. P. Fastykovsky, Ya. I. Lepikh

Odesa I. I. Mechnikov National University, 2, Dvoryanskaya Str., Odesa, 65082, Ukraine,
e-mails: fpp@te.net.ua, ndl_lepikh@onu.edu.ua

Summary

The aim of the work is to determine the current state of development of portable guard and reconnaissance-signaling systems with seismic sensors. Such systems are widely used both for temporary protection of various objects and for reconnaissance-signaling purposes. They are installed in the area of roads or paths, and the installation time takes no more than a few minutes. The main advantages of the portable systems over stationary systems are the secrecy of portable systems in controlled areas and their high informativeness with a minimum of energy consumption. For modern developments of the portable guard and reconnaissance-signaling systems, some general trends in their design are characteristic. They are: an application of new economical electronic components and new lithium-based power supplies; the use, in addition to seismic, transducers of other physical quantities; use of multisensor integration; creation of wireless sensor networks; use of the latest digital signal processing methods; creation of effective algorithms for people and vehicle recognition. Such systems are serially produced by many, including leading, enterprises, firms, corporations in many developed countries of the world. Modern systems are mainly wireless networks of combined sensors, which in addition to seismic sensors also include other types of sensors to provide more comprehensive information on moving objects. Information on the detection of a moving object within the system's range is transmitted to the control and indication console, which can be located tens of kilometers away, by radio channel using repeaters or by satellite.

Keywords: seismic sensor, unattended ground sensor (UGS), portable guard and reconnaissance-signaling system

PACS 07.07.Df УДК 621.391
DOI: 10.18524/1815-7459.2021.4.248178

ПОРТАТИВНІ СЕЙСМІЧНІ СИСТЕМИ (*ОГЛЯД*)

П. П. Фастиковський, Я. І. Леніх

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2,
м. Одеса, 65082, Україна, e-mails: fpp@te.net.ua, ndl_lepikh@onu.edu.ua

Реферат

Мета роботи полягає у визначенні сучасного стану розвитку портативних (переносних) охоронних і розвідувально-сигналізаційних сейсмічних систем. Такі системи знайшли широке застосування як для тимчасового захисту різних об'єктів, так і для розвідувально-сигналізаційних цілей. Вони встановлюються в районі доріг або стежок, причому час їх установки займає не більше кількох хвилин. Головними перевагами переносних систем над стаціонарними

системами є скритність переносних систем на контрольованих ділянках, а також їх висока інформативність при мінімумі енергоспоживання.

Для сучасних розробок провідних зарубіжних компаній характерні деякі загальні тенденції в конструюванні переносних систем: застосування нових економічних електронних компонентів і нових на основі літію джерел живлення; використання, крім сейсмічних, перетворювачів інших фізичних величин; використання мультисенсорного об'єднання, створення бездротових сенсорних мереж; використання новітніх цифрових методів обробки сигналів, створення ефективних алгоритмів розпізнавання людей та техніки. Такі системи серійно виготовляються багатьма, в тому числі провідними, підприємствами, фірмами, корпораціями в багатьох розвинених країнах світу. Сучасні системи, в основному, являють собою бездротову мережу комбінованих сенсорів, що включають для отримання більш повної інформації про об'єкти, що рухаються, крім сейсмічних також сенсори інших типів. Передача інформації про виявлення рухомого об'єкта в зоні дії системи на пульт управління і індикації, який може бути віддалений на десятки кілометрів, здійснюється за допомогою радіоканалу з використанням ретрансляторів або через супутник.

Ключові слова: сейсмічний сенсор; наземний сенсор, що не обслуговується (UGS); переносна охоронна та розвідувально-сигналізаційна система