

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ КОМПЛЕКСУ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ПРИ РОЗМІЩЕННІ СЕЙСМОДАТЧИКІВ В ДАЛЬНІЙ ТА БЛИЖНІЙ ЗОНАХ КОНТРОЛЮ

© Волочій Б. Ю., Онищенко В. А., Сальник Ю. П., 2015

Подано дві методики синтезу комплексу охоронної сигналізації (КОС), які ґрунтуються на розроблених математичних моделях реакції комплексу на рухомий об'єкт. Перша методика вирішує завдання синтезу структури КОС з мінімальною кількістю сейсмічних датчиків і схемою їх розміщення на кожному маршруті підходу до об'єкта. Це завдання актуальне на етапі його експлуатації. Друга методика розв'язує задачу синтезу параметрів пристроїв перспективного КОС на етапі його проектування.

Ключові слова: комплекс охоронної сигналізації, схеми розміщення сейсмічних датчиків, синтез структури, параметричний синтез.

B. Yu. Volochiy¹, V. A. Onishchenko², Yu. P. Salnik²

¹Lviv Polytechnic National University,

²Hetman Petro Sahaidachny Army Academy

METHOD OF SYNTHESIS OF GUARD SIGNALING COMPLEX WITH LOCATION OF SEISMIC SENSORS IN FAR AND CLOSE CONTROL ZONES

© Volochiy B. Yu., Onishchenko V. A., Salnik Yu. P., 2015

The article presents two methods of synthesis of guard signaling complex (GSC) which are based on the developed mathematical models of the complex reaction on moving object (MO). The first method solves the task of synthesis of GSC structure with minimum quantity of seismic sensors and layout of their location on each route of approach to the object. This task is actual in the phase of its operation. The other method solves the task of synthesis of devices parameters of perspective GSC in the phase of its development.

The guard signaling complex consists of a certain number of autonomous systems of detection, object classification and transmitting radio signals (DOCTRS) about the detected MO and the system of receiving and displaying information (RDI). Each autonomous system has a direct access to the system of receiving and displaying information, so the GSC structure is star-shaped.

The task of determining minimum necessary number of seismic sensors (SSs) and autonomous systems DOCTRS respectively, which should be taken with the unit, is rather actual. When the matter is about developing new GSC model, then determining of requirements to its components defining its effectiveness is actual.

Mathematical models are the basis of both methods which allow carrying out comparative analysis of GSC effectiveness with different versions of SSs placement on the way to the place of location of the military unit, and taking into account the characteristics of the area.

Development of mathematical models of GSC reaction on MO appearance for four suitable SSs layouts is carried out by means of the method of state space. Models are presented

as a system of differential equations of Kolmogorov–Chapman. Four models of the object under investigation have been developed as graphs of states and transitions in order to form systems of differential equations.

Suggested methods of the synthesis of GSC structure provide fulfilment of the tasks in the following succession:

1. On the basis of the analysis of the area determine number and specific features of the routes of probable MO movement. All routes of probable MO movement to the place of the unit location are secretive for movement and restricted to the MO maneuver.

To choose suitable SSs layouts determine far and close zones of control appropriate for SSs placement. Requirements to the control zones are as follows: availability of natural obstacles which exclude possibility to get round the control zone; existence of radio visibility and possibility of secretive installment of autonomous systems DOCTRS; avoidance of soft ground, if possible; possibility of visual observing close control zone.

2. On the basis of specific features of each route choose suitable versions of SSs layouts. Imagine four main versions of SSs layouts on the probable (controlled) route.

In the first version of layout place one SS in far and close control zones (1+0 or 0+1). The second version provides placement of two SSs on the border line in far and close control zones (2+0 or 0+2). In the third version two SSs are placed in series in far and close control zones (1+1). The fourth version provides two pairs of SSs on the border lines in far and close control zones (2+2).

Presented basic versions can be used to form other SSs layouts.

3. For the first route and each suitable SS layout on it determine the value of probable MO task accomplishment by the guard signaling complex by means of mathematical models of the reaction of GSC on MO appearance. Begin the analysis with the minimal configuration, considering GSC effectiveness for all suitable SSs layouts on the route. A layout with minimum number of SSs is included in GSC structure which provides the given value of probable MO task accomplishment on this route.

4. The procedure described in paragraph 3 is performed for all other probable routes of MO movement.

5. After choosing a suitable SS layout for each route of probable MO movement determine a minimum GSC completeness, so the synthesis of the complex structure is finished.

It is also useful in civilian sphere in order to improve effectiveness of stationary objects protection.

Practical use of the suggested methods of synthesis of GSC structure guarantees the correct placement of GSC round the place of the military unit location.

GSC parametric synthesis is in determining values of parameters of GSC components, and its structure and condition of task accomplishment are specified.

So, the task of parametric synthesis is in determining parameters values:

- probable SS reaction on MO appearance;
- probable correct MO classification;
- probable receiving of RDI radio signal about MO detection.

The task of synthesis of GSC components is solved in such succession:

1. Choose the worst conditions of probable GSC application.
2. Specify in what tasks GSC will be used (reconnaissance, direct protection).
3. Study effectiveness of GSC for different layouts of seismic sensors.
4. Set the requirement up to the value of probable task accomplishment.
5. After receiving the results define a layout with minimum number of seismic sensors.

In this case there should be values of parameters of GSC components that provide the given probability of task accomplishment.

6. According to the received dependences determine range of probabilities of correct classification and correct receiving of radio message about MO.

Key words: guard signaling complex, layouts of seismic sensors, synthesis of structure, parametric synthesis.

Вступ

Для забезпечення охорони підрозділів, що виконують завдання відокремлено від своїх основних сил, гострою є проблема своєчасного виявлення несанкціонованого підходу сторонніх осіб до місця їх тимчасового розташування. Враховуючи обмеження на вагу і об'єм спорядження військовослужбовців, актуальним завданням є раціональне його комплектування. В груповий комплект спорядження підрозділу входить КОС, який повинен забезпечувати виконання таких основних завдань:

- 1) розвідка на маршрутах пересування противника;
- 2) контроль маршрутів підходу (відходу, маневру) противника під час проведення спеціальних заходів (влаштування засідок тощо);
- 3) безпосередня охорона місця розташування військового підрозділу.

Розташування підрозділу в тилу протидіючої сторони обладнується у важкодоступному місці і, як правило, може мати від двох до чотирьох маршрутів підходу, які повинні надійно контролюватися. Зауважимо, що охорона здійснюється передусім призначеними спостерігачами і посилюється застосуванням технічних засобів, яким є КОС.

У типову структуру КОС входять: N сейсмічних датчиків з пристроями узгодження та підсилення; для кожного сейсмічного датчика (СД) передбачено пристрій класифікації типу рухомого об'єкта (РО); система передавання інформації про виявлений РО, причому для кожного пристрою класифікації типу РО встановлена передавальна частина, а приймальна частина одна для всіх СД; пристрій відображення інформації, який поєднано з приймальною частиною системи передавання інформації. Отже, КОС складається з деякої кількості автономних систем виявлення, класифікації об'єкта та передавання радіосигналу (ВКОПР) про виявлений РО та системи прийому і відображення інформації (СПВІ). Кожна автономна система ВКОПР має безпосередній доступ до СПВІ, тобто структура КОС є зірковою.

Параметри сигналу, який формується сейсмічним датчиком, залежать від: типу РО, особливостей його пересування по місцевості; відстані від місця встановлення СД до маршруту ймовірного пересування РО; типу ґрунту і його стану.

Розміри зони чутливості СД залежать від його типу, способу встановлення, характеру місцевості та погодних умов. Крім того, ймовірність реакції СД на появу РО залежить від правильності його встановлення оператором. Необхідно досягти належного механічного контакту корпусу СД з ґрунтом і строго вертикального його розташування, оскільки невиконання цих умов може суттєво зменшити дальність виявлення РО. Зважаючи на це, роботу СД слід оцінювати ймовірністю появи сигналу на вході пристрою класифікації типу РО. Ця ймовірність відображає чутливість СД.

Враховуючи випадковий характер сигналу, що надходить від СД, роботу пристрою класифікації слід оцінювати ймовірністю правильної класифікації типу РО.

Оскільки система передавання радіосигналів працює в умовах дії радіозавад природного і штучного походження, то якість її роботи необхідно оцінювати ймовірністю правильного приймання радіосигналу.

Ефективність КОС оцінюється ймовірністю виконання завдання, яка, своєю чергою, залежить від складових: ймовірності появи сигналу на вході пристрою класифікації (ймовірності реакції СД), ймовірності правильної класифікації типу РО та ймовірності правильного приймання радіосигналу.

Актуальною є задача визначення мінімально необхідної кількості СД, а відповідно і автономних систем ВКОПР, яку підрозділ має взяти з собою для забезпечення виконання завдань.

Коли йдеться про розроблення нового зразка КОС або про закупівлю КОС іноземного виробництва, актуальною задачею є визначення вимог до його складових, які визначають його ефективність.

Аналіз інформаційних джерел

Формування комплексного методу ухвалення рішення в процесі структурно-параметричного синтезу нової складної технічної системи, що відповідає вимогам замовника, з максимальним використанням накопиченого досвіду описано в статті [1]. Методику синтезу структури КОС апробовано на Міжнародній науково-практичній конференції в Чернівецькому НУ ім. Ю. Федьковича [2]. Методику параметричного синтезу розвідувально-сигналізаційного комплексу обговорено на Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки” в Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (м. Львів) [3]. Методологічна база дослідження [4] ґрунтується на використанні сучасних методів синтезу, аналізу і моделювання оптимальних та робастних систем управління.

Методика синтезу структури комплексу охоронної сигналізації

Ще в ході підготовки підрозділу до виконання завдання у відриві від своїх військ його командир, поряд з іншими питаннями, знаючи характеристики КОС, попередньо вибирає місця на топографічній карті, де перебуватиме його підрозділ. Використовуючи методику синтезу структури КОС, командир підрозділу визначає мінімальну комплектність комплексу (кількість автономних систем ВКОПР з сейсмічними датчиками), який забезпечить належну охорону підрозділу. Це завдання виконується в такій послідовності:

1. На основі аналізу місцевості визначають кількість і характерні особливості маршрутів імовірних підходів до місця перебування підрозділу.
2. На основі характерних особливостей кожного маршруту призначають ближню та дальню зони контролю і з бібліотеки вибирають доцільні варіанти схем розміщення СД [5].
3. Для першого маршруту і першої доцільної схеми розміщення СД, за допомогою розробленої математичної моделі реакції КОС на появу РО, знаходять значення ймовірності виявлення РО комплексом охоронної сигналізації. Аналіз розпочинають зі схеми мінімальної конфігурації, послідовно досліджуючи ефективність КОС для всіх доцільних схем розміщення СД на маршруті. В структуру КОС входить схема з мінімальною кількістю СД, яка забезпечує задане значення ймовірності виявлення РО на цьому маршруті.
4. Процедура, описана в пункті 3, виконується для всіх інших імовірних маршрутів пересування РО.
5. Після визначення прийнятної схеми розміщення СД для кожного маршруту ймовірного пересування РО завершується синтез структури комплексу, тобто визначається комплектність комплексу охоронної сигналізації.

Особливості маршрутів імовірного пересування рухомого об'єкта і призначення зон контролю

Для відбору доцільних схем розміщення СД визначаються сприятливі для їх встановлення дальня і ближня зони контролю. В переліку вимог до зон контролю: наявність природних перешкод, які виключають можливість обходу зони контролю; існування радіовидимості для автономних систем ВКОПР та можливості прихованого їх встановлення; уникнення, за згодою, м'яких ґрунтів; можливість візуального спостереження за ближньою зоною.

Дальня зона контролю вибирається за необхідності попередження про наближення РО. Ближня зона повинна забезпечувати ефективне використання засобів впливу на несанкціоноване пересування РО. За умов, коли неможливо призначити дальню зону контролю, призначається тільки ближня зона (брак часу на встановлення СД; відкрита місцевість тощо).

Варіанти схем розміщення сейсмічних датчиків на маршруті

Зона чутливості СД повинна відповідати площі зони контролю. Коли зона контролю за своєю площею перевищує зону чутливості одного СД, то виставляється декілька СД за певною схемою. Для підвищення ймовірності виявлення РО у великих за площею зонах контролю (широких проходах) СД заглиблюється на певну відстань від поверхні ґрунту. Глибина встановлення СД впливає на розміри зони його чутливості. Для контролю нешироких проходів СД може встановлюватися безпосередньо під поверхнею ґрунту. Зона чутливості за такого встановлення відповідно зменшується.

Для схем розміщення СД використовуємо умовне позначення у вигляді суми двох складових, у якій перша складова представляє кількість СД у дальній зоні контролю, а друга в ближній. Представимо чотири базові варіанти схем розміщення СД на ймовірному (контрольованому) маршруті. У першому варіанті два СД встановлюються послідовно у обох зонах контролю (1+1). Другий варіант схеми розміщення СД передбачає встановлення одного СД, який розміщується в дальній або ближній зоні контролю (1+0 або 0+1). У третьому варіанті передбачене розміщення двох пар СД на рубежах в дальній і ближній зонах контролю (2+2). Четвертий варіант схеми передбачає встановлення двох СД на рубежі в дальній або ближній зоні контролю (2+0 або 0+2). Представлені базові варіанти дають можливість сформулювати інші схеми розміщення СД.

Математичні моделі реакції комплексу охоронної сигналізації на появу рухомого об'єкта

Розроблення математичних моделей реакції КОС на появу РО здійснено за допомогою методу простору станів.

Моделі, розроблені з урахуванням чотирьох описаних вище схем розміщення СД, представлені у вигляді систем диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена. Для формування систем диференціальних рівнянь розроблено моделі об'єкта дослідження у вигляді графа станів і переходів [6–8]. Розмірності цих моделей для кожної схеми розміщення СД наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Розмірності моделей реакції КОС на появу РО

Базові схеми розміщення СД	Розмірність моделі
Схема 1+1	31 стан і 30 переходів
Схема 1+0 або 0+1	5 станів і 5 переходів
Схема 2+2	651 стан і 650 переходів
Схема 2+0 або 0+2	26 станів і 25 переходів

Показники ефективності комплексу охоронної сигналізації та методика їх аналітичного визначення

Показниками ефективності КОС є ймовірності виконання $P_{в.з}$ і невиконання $P_{н.з}$ завдання. Суть цих показників залежить від завдання, для виконання яких призначений комплекс.

У разі використання двох зон контролю реакція КОС на РО може мати п'ять варіантів:

1. Повне виконання завдання КОС: рухомий об'єкт виявлено в дальній і ближній зонах контролю, правильно класифіковано і прийнято повідомлення про нього з обох зон контролю. Цей варіант характеризує ймовірність повного виконання завдання $P_{п.в.з}$.

2. Часткове виконання завдання КОС:

а) рухомий об'єкт виявлено в дальній і ближній зонах контролю, але неправильно класифіковано або класифіковано правильно в одній із зон та прийнято повідомлення про його пересування з обох зон контролю. Цей варіант характеризує ймовірність часткового виконання завдання $P_{ч.в.з.1}$;

б) рухомий об'єкт виявлено тільки в дальній зоні контролю, правильно або неправильно класифіковано, і прийнято повідомлення про нього з цієї зони. Цей варіант характеризує ймовірність часткового виконання завдання $P_{ч.в.3.2}$;

в) рухомий об'єкт виявлено тільки в ближній зоні контролю, правильно або неправильно класифіковано і прийнято повідомлення СПВІ. Цей варіант характеризує ймовірність часткового виконання завдання $P_{ч.в.3.3}$.

3. Невиконання завдання КОС – рухомий об'єкт не виявлено. Цей варіант характеризує ймовірність невиявлення РО в дальній і ближній зонах контролю КОС $P_{н.р.о}$. Невиконання завдання КОС означає, що РО досягне місця перебування військового підрозділу, оскільки перетне обидві зони контролю невиявленим.

Для завдання 1 (див. вступ) повинна виконуватися вимога першого варіанта реакції КОС на РО. Тому ймовірність виконання завдання 1 визначається виразом:

$$P_{в.3.1} = P_{п.в.3} \cdot \quad (1)$$

Ймовірність невиконання завдання 1 визначається виразом:

$$P_{н.3.1} = P_{ч.в.3.1} + P_{ч.в.3.2} + P_{ч.в.3.3} + P_{н.р.о} \cdot \quad (2)$$

Для завдання 2 повинні виконуватися вимоги варіантів реакції КОС на РО 1, 2а і 2б. Тому ймовірність виконання завдання 2 визначається виразом:

$$P_{в.3.2} = P_{п.в.3} + P_{ч.в.3.1} + P_{ч.в.3.2} \cdot \quad (3)$$

Ймовірність невиконання завдання 2 визначається виразом

$$P_{н.в.3.2} = P_{ч.в.3.3} + P_{н.р.о} \cdot \quad (4)$$

Для завдання 3 мають виконуватися вимоги варіантів реакції КОС на РО 1, 2а, 2б та 2в. Тому ймовірність виконання завдання 3 визначається виразом:

$$P_{в.3.3} = P_{п.в.3} + P_{ч.в.3.1} + P_{ч.в.3.2} + P_{ч.в.3.3} \cdot \quad (5)$$

Ймовірність невиконання завдання 3 визначається виразом:

$$P_{н.в.3.3} = P_{н.р.о} \cdot \quad (6)$$

Формули для показників ефективності КОС з розміщенням в зоні контролю одного СД визначають за такою методикою:

- на першому етапі складають перелік параметрів об'єкта дослідження, які необхідно врахувати під час розроблення його математичної моделі;
- на другому етапі формується вектор стану об'єкта дослідження;
- на третьому етапі здійснюється розроблення графа станів і переходів;
- на четвертому етапі формується система диференціальних рівнянь та здійснюється її розв'язання;
- на п'ятому етапі, з використанням графа станів, результатів розв'язання системи диференціальних рівнянь та виразів (1)–(6) компонується формули для визначення показників ефективності КОС.

Приклад розв'язання задачі синтезу структури КОС

Розглянемо розгортання КОС для охорони місця розташування військового підрозділу. Для вибраного місця визначається кількість можливих маршрутів підходу. Наприклад, 3.

Для кожного маршруту визначаємо мінімальну кількість СД, які забезпечують виконання завдання із заданим значенням показника ефективності. Показником ефективності є ймовірність виконання завдання комплексом $P_{в.3}$, яка залежить від ймовірності реакції СД на РО $P_{рсд}$, ймовірності правильної класифікації РО $P_{п.к}$ та ймовірності приймання радіосигналу про виявлений

РО $P_{п.п}$. А також вона залежить від доцільної схеми розміщення СД на маршруті пересування РО. Приймаємо, що для дальньої зони контролю $P_{р.СД} = 0,984$, для ближньої зони контролю $P_{р.СД} = 0,988$ і $P_{в.з} \geq 0,95$.

Для розв'язання такої задачі використаємо наведені на рис. 1–4 залежності ефективності КОС від ймовірностей правильної класифікації і приймання радіосигналу СПВІ про РО [6–8]. На цих рисунках зірка представляє КОС, який має такі параметри: $P_{п.к} = 0,92$, а $P_{п.п} = 0,99$.

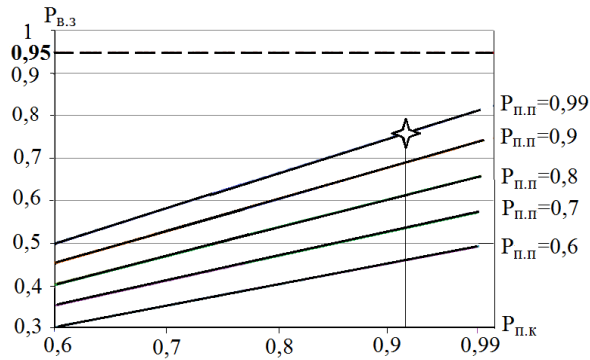


Рис. 1. Залежність ефективності КОС ($P_{в.з}$) від $P_{п.к}$ та $P_{п.п}$ у разі встановлення одного СД, розміщеного в дальній або ближній зоні контролю

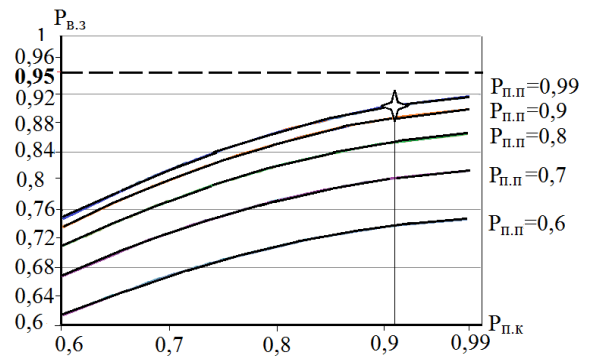


Рис. 2. Залежність ефективності КОС ($P_{в.з}$) від $P_{п.к}$ та $P_{п.п}$ у разі встановлення двох СД, розміщених на рубежі в дальній або ближній зоні контролю

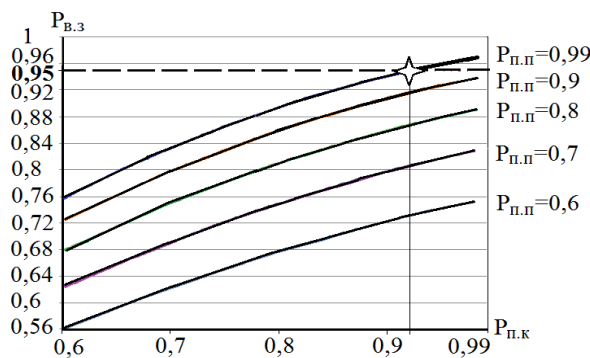


Рис. 3. Залежність ефективності КОС ($P_{в.з}$) від $P_{п.к}$ та $P_{п.п}$ у разі встановлення двох СД, розміщених послідовно у дальній та ближній зонах контролю

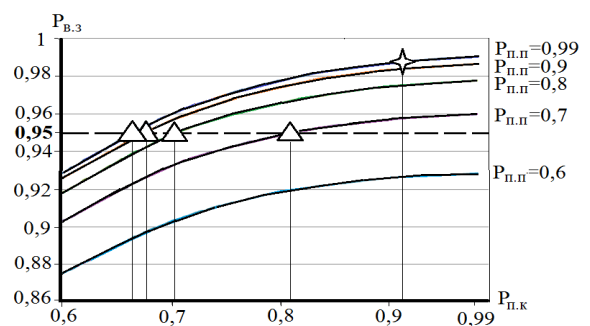


Рис. 4. Залежність ефективності КОС ($P_{в.з}$) від $P_{п.к}$ та $P_{п.п}$ у разі встановлення чотирьох СД, розміщених попарно в дальній та ближній зонах контролю

Аналіз виконуємо, починаючи зі схеми 1+0 (0+1), де бачимо, що КОС із заданими параметрами не забезпечує виконання завдання із заданою ефективністю.

Аналіз залежностей для схеми 2+0 (0+2) – не дає позитивного результату.

Встановлення на цьому маршруті двох СД (1+1) та чотирьох СД (2+2) – забезпечує виконання завдання. На цьому маршруті мінімальною кількістю СД, які забезпечують виконання завдання, є два СД, що встановлені за схемою 1+1.

Аналогічно, такий аналіз здійснюємо для маршрутів 2 і 3.

В результаті отримуємо мінімальний комплект КОС, який забезпечить виконання охоронної функції місця перебування підрозділу.

Методика параметричного синтезу КОС

Параметричний синтез КОС полягає у визначенні значень параметрів складових одного каналу КОС за заданих його структури й умови виконання завдання. Задачу параметричного синтезу можна представити як знаходження в тривимірному просторі параметрів складових КОС

(враховуються значення трьох параметрів) такої точки, для якої або просто виконується умова виконання завдання, або вона виконується найкраще. У такому випадку розв'язання задачі параметричного синтезу – це визначення точки простору, яка представляє мінімальне прийнятне значення ймовірності виконання завдання КОС.

Задача синтезу розв'язується з урахуванням діапазонів прийнятних значень параметрів складових структури КОС. В основу методики параметричного синтезу КОС покладено математичну модель реакції КОС на появу РО в зоні контролю з використанням одного СД. Модель забезпечує можливість визначати параметри пристрою класифікації РО та системи передавання інформації за заданої чутливості СД і, навпаки, визначати чутливість СД за заданих значень параметрів пристрою класифікації та системи передавання інформації.

Отже, задача параметричного синтезу полягає у визначенні значень параметрів:

- ймовірність реакції СД на появу РО;
- ймовірність правильної класифікації РО;
- ймовірність приймання СПВІ радіосигналу про виявлений РО.

Задача синтезу параметрів складових КОС розв'язується в такій послідовності:

1. Вибираємо найгірші умови можливого застосування КОС.
2. Уточнюємо, під час виконання яких завдань застосовуватиметься КОС (розвідка, безпосередня охорона).
3. Досліджуємо ефективність КОС для різних схем розміщення сейсмічних датчиків.
4. Встановлюємо вимогу до значення ймовірності виконання завдання.
5. За отриманими результатами визначаємо схему з мінімальною кількістю СД, за якої існують значення параметрів систем, що забезпечують задану ймовірність виконання завдання.
6. За отриманими за допомогою моделі реакції КОС на появу РО залежностями визначаємо область значень ймовірностей правильної класифікації та правильного приймання радіоповідомлення про РО.

Для розв'язання таких задач необхідна бібліотека залежностей ймовірності виконання завдання від параметрів КОС, побудованих для різних за властивостями ґрунту зон контролю.

Приклад визначення параметрів складових перспективного КОС

Необхідно визначити параметри для перспективного зразка КОС, який би мав ймовірність виконання завдання за призначенням $P_{в.з} = 0,95$. Як показують залежності на рис. 1 і рис. 2, ймовірність виконання завдання за значень ймовірності приймання повідомлення $P_{п.п} = 0,99$ і ймовірності правильної класифікації РО $P_{п.к} = 0,99$ для схем розміщення СД 1+0 (0+1) і 2+0 (0+2) не забезпечують задану вимогу. На рис. 3 (для схеми розміщення СД 1+1) видно, що цій вимозі відповідають значення ймовірності правильної класифікації $P_{п.к}$ 0,92 і вище, а ймовірності приймання повідомлення $P_{п.п}$ 0,99 і вище.

Якщо розробник не може спроектувати пристрій класифікації РО, який забезпечував би ймовірність правильної класифікації $P_{п.к} = 0,92$ і роботу системи приймання радіосигналу з ймовірністю приймання $P_{п.п} = 0,99$, то існує можливість спростити ці вимоги, що забезпечується використанням в найгірших умовах схеми 2+2. На рис. 4 (для схеми розміщення СД 2+2) видно, що ці вимоги забезпечуються ймовірностями правильної класифікації $P_{п.к}$ 0,7 і вище, і ймовірностями приймання повідомлення $P_{п.п}$ 0,8 і вище.

Висновки

В основу описаних у статті двох методик структурного і параметричного синтезу покладено математичні моделі реакції комплексу охоронної сигналізації на появу рухомого об'єкта, які дають змогу визначити показник ефективності комплексу для різних варіантів схем розміщення сейсмічних датчиків у зонах контролю.

Методика синтезу структури комплексу охоронної сигналізації може бути інструментом для створення довідника командирів підрозділу, за допомогою якого він зможе визначити мінімально необхідний комплект комплексу з урахуванням поставленого завдання та умов його виконання.

Методика параметричного синтезу дає змогу обґрунтувати значення основних параметрів складових комплексу охоронної сигналізації на етапі його проектування або під час закупівлі аналогічного зразка іноземного виробництва.

1. Дружинін Є. А. Аналіз моделей та методів рішення задач структурно-параметричного синтезу складної технічної системи [Текст] / Є. А. Дружинін, Ю. М. Толкунова // Системи озброєння і військова техніка: зб. наук. пр. – 2011. – № 2(26). – С. 122–127.
2. Волочій Б. Ю. Синтез структури комплексу охоронної сигналізації [Текст] / Б. Ю. Волочій, В. А. Онищенко, Ю. П. Сальник // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Радіотехніка та інформаційна безпека”. Чернівці : Чернівецький НУ ім. Ю. Федьковича, Місто, 2014. – С. 39–40.
3. Волочій Б. Ю. Параметричний синтез розвідувально-сигналізаційного комплексу [Текст] / Б. Ю. Волочій, В. А. Онищенко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 14–15 травня 2015 р. Львів : АСВ, 2015. – С. 66.
4. Галагуз Т. А. Структурно-параметричний синтез робастних систем управління польотом [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.04.07 / Т. А. Галагуз; Національний технічний університет України “КПІ”. – К., 2007. – 20 с.
5. Волочій Б. Ю. Методика вибору схеми розміщення сейсмічних датчиків розвідувально-сигналізаційного комплексу на ймовірному маршруті пересування рухомого об’єкту [Текст] / Б. Ю. Волочій, В. А. Онищенко // Матеріали науково-технічної конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ”. – Львів : АСВ, 2014. – С. 97.
6. Volochiy B. Yu. Research of the dependence of the guard signaling complex on the location of seismic sensors [Text] / B. Yu. Volochiy, V. A. Onishchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkiv, 2014, № 2/9(68). – P. 54–60.
7. Волочій Б. Ю. Дослідження залежності ефективності комплексу охоронної сигналізації від розміщення сейсмічних датчиків [Текст] / Б. Ю. Волочій, В. А. Онищенко // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи” “РТПСАС’2014”, 10–16 березня 2014 р. – К. : НТУУ “КПІ”, радіотехнічний факультет. 2014. – С. 158–160.
8. Volochiy B. Modelling the Reaction of Guard Signalling Complex on Appearance of Moving Object When Seismic Sensors Are Deployed in Far and Close Control Zones [Text] / B. Volochiy, V. Onishchenko // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science: proceedings of the XIIth International Conference TCSET’2014, Lviv-Slavske, Ukraine: Lviv Politechnic National University, 2014. – P. 252–254.