БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОВТ

УДК 623.09

Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РОЗВІДУВАЛЬНО-СИГНАЛІЗАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З ОБ'ЄКТОМ ВИЯВЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

В статті представлено модель процесу взаємодії розвідувально-сигналізаційного комплексу з об'єктом виявлення, яку розроблено з використанням технології аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем. При розробці моделі враховано особливості місцевості (тип ґрунту, рельєф), пори року, розташування об'єкту, що охороняється, та наявність радіозавад.

Ключові слова: *розвідувально-сигналізаційний комплекс, автономна система виявлення і класифікації об'єктів, система передавання радіоповідомлень, система приймання і відображення інформації.*

Постановка задачі

Одним із напрямів підвищення ефективності ведення розвідки стало створення нових технічних засобів, спроможних ефективно вести розвідку противника в умовах динамічної обстановки та активної радіоелектронної протидії противника. Одним із таких засобів є розвідувально-сигналізаційний комплекс (РСК).

Розвідувально-сигналізаційний комплекс дозволяє виявляти та розпізнавати рухомі об'єкти за допомогою встановлених на місцевості автономних систем виявлення, класифікації об'єктів і передавання радіосигналів (ВКОПР).

Ефективність роботи такого комплексу залежить від способу розташування автономних систем ВКОПР, особливостей місцевості, пори року та наявності радіозавад. Таким чином, виникає необхідність у створенні математичної моделі процесу взаємодії РСК з об'єктом виявлення для дослідження оптимального складу та технічних характеристик систем комплексу, які будуть використовуватись у різних умовах оперативно-тактичної обстановки.

Математична модель створена з використанням технології моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем. Отримана математична модель дозволить оцінити вплив зовнішніх чинників (дію радіозавад та особливості навколишнього середовища) на стан та ефективність роботи комплексу, провести порівняльний аналіз достовірності інформації при різних варіантах пересування об'єктів виявлення.

Побудована математична модель у вигляді дискретно-неперервної стохастичної системи з відповідним ступенем адекватності дозволить обмежити кількість і обсяг натурних випробувань роботи РСК і при цьому отримати достовірні результати щодо ефективності і надійності його застосування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Публікацій, в яких розглядається задача розробки математичних моделей процесу взаємодії розвідувально-сигналізаційного комплексу з об'єктом виявлення з урахуванням особливостей оперативно-тактичної обстановки, не знайдено. Проведено перегляд збірників наукових праць Національної Академії оборони України та Центрального науково-технічного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України за період з 2000 по 2010 рік та всі випуски Військово-технічного збірника Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

Формування мети статті

Метою статті є розробка математичної моделі процесу взаємодії РСК з об'єктом виявлення з урахуванням особливостей місцевості (типи ґрунту та рельєфу), пори року, розташування об'єкта, що охороняється, та наявності радіозавад.

Виклад основного матеріалу

1. Опис процесу взаємодії розвідувально-сигналізаційного комплексу з об'єктом виявлення.

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

Об'єктом дослідження є процес взаємодії РСК типу 1К15 "Табун" з об'єктом виявлення (ОВ) з урахуванням особливостей місцевості (типи ґрунту та рельєфу), пори року, розташування об'єкта, що охороняється, та наявності радіозавад.

Розгортання РСК застосовується для охорони місць забазування органів розвідки спеціального призначення. На місцевості РСК розгортається наступним чином: на вірогідному маршруті руху ОВ до місця забазування розвідувальної групи спеціального призначення, з метою підвищення ймовірності виявлення ОВ та забезпечення можливості визначення напрямку його переміщення слід встановити послідовно дві автономні системи виявлення і класифікації об'єктів та передавання радіосигналів $ВКОПР_1$ і $ВКОПР_2$ на відстані 150-200 м одна від одної. При появі ОВ в зоні дії автономної системи ВКОПР вона посилає радіосигнал до системи приймання та відображення інформації (СПВІ), де він приймається з певною ймовірністю. Як правило, на пересування ОВ у зоні дії першою реагує або не реагує автономна система $ВКОПР_1$, а при продовженні наближення ОВ до місця забазування розвідувальної групи спеціального призначення на його рух реагує або не реагує автономна система $ВКОПР_2$, і тим самим підтверджує пересування ОВ в певному напрямку.

Автономна система ВКОПР включає в себе: сейсмодатчик, пристрій виявлення і класифікації рухомих об'єктів і пристрій передавання радіосигналів. Кожний сейсмодатчик разом з пристроєм виявлення і класифікації рухомих об'єктів виконує такі функції: реагування на появу об'єкта виявлення (ОВ) в зоні його дії (чутливості) і його ідентифікація. Пристрій передавання здійснює передавання радіосигналу до СПВІ.

Реакція автономної системи $ВКОПР_1$ при появі ОВ в зоні її дії може бути такою:

1) автономна система $ВКОПР_1$ не реагує на ОВ;

2) автономна система $ВКОПР_1$ реагує на ОВ, але неправильно ідентифікує його;

3) автономна система $ВКОПР_1$ реагує на ОВ і правильно його ідентифікує.

Розвідувально-сигналізаційний комплекс 1К15 забезпечує виявлення і розпізнавання об'єктів, що пересуваються по ґрунту двох класів: «Людина» і «Техніка». При цьому до класу «Людина» відносяться люди та групи людей чисельністю до п'яти чоловік, що пересуваються нормальним кроком або бігом. До класу «Техніка» відносять об'єкти гусеничної і колісної техніки, що пересуваються поодинці, в колоні або разом із живою силою, яка переміщується у пішому порядку [1].

Дальність виявлення об'єктів (радіус кругової зони чутливості автономної системи ВКОПР з центром у точці його установки) з урахуванням природних факторів на різноманітних ґрунтах складає:

- для об'єкта типу «Людина» - від 20 м до 50 м;

- для об'єкта типу «Техніка» - від 50 м до 200 м.

В залежності від обстановки, що склалася, реакція СПВІ може мати такі варіанти:

- ОВ перебуває поза зоною чутливості автономних систем $ВКОПР_1$ або $ВКОПР_2$, СПВІ перебуває в черговому режимі, технічно справна і готова до роботи; діє радіозавада – СПВІ спрацьовує від радіозавади з ймовірністю P_1 і не спрацьовує від радіозавади з ймовірністю P_2;

- ОВ рухається в зоні чутливості автономних систем $ВКОПР_1$ або $ВКОПР_2$; діє радіозавада – СПВІ спрацьовує від сигналу автономної системи $ВКОПР_1$ з ймовірністю P_6 і від сигналу автономної системи $ВКОПР_2$ з ймовірністю P_{11}; не спрацьовує з ймовірностями P_7 і P_{12} відповідно.

Тривалість безперервної роботи кожної автономної системи ВКОПР та СПВІ комплексу 1К15 становить: від хімічного джерела струму 10РЦ85 – протягом 6 діб, а від акумуляторної батареї 10НКП–6С тривалість безперервної роботи збільшується до 15 діб (після проведення технічного обслуговування). При розробці моделі вважається, що всі вироби комплексу 1К15 протягом 6 – 15 діб зберігають свою працездатність [1].

Для РСК 1К15 передбачено періодичне технічне обслуговування (заміна джерел живлення, перевірка працездатності систем).

Показниками ефективності комплексу 1К15 є:

1) ймовірність фіксації в СПВІ наявності ОВ класу «Людина» або «Техніка» в зонах чутливості двох автономних систем $ВКОПР_1$ і $ВКОПР_2$;

2) ймовірність фіксації в СПВІ наявності ОВ класу «Людина» або «Техніка» в зоні чутливості одної автономної системи $ВКОПР_1$ або $ВКОПР_2$;

3) ймовірність хибної тривоги;

4) ймовірність нефіксації в СПВІ наявності ОВ в зонах чутливості сейсмодатчиків автономних систем ВКОПР.

Завдання РСК є виконаним, якщо хоча б одна з двох автономних систем ВКОПР виявила і передала радіосигнал (з ідентифікованим або неідентифікованим об'єктом) і його прийняла СПВІ.

2. Розробка математичної моделі об'єкта дослідження. Розробку математичної моделі об'єкта дослідження здійснено за технологією аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем, яка передбачає формування моделі у вигляді графа станів та переходів і складання системи диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена [2, с.297-328].

В статті використано метод розробки графа станів і переходів, описаний в [3,4], який

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

передбачає розроблення формалізованого представлення об'єкта дослідження у вигляді структурно-автоматної моделі (САМ). Процес формування графа станів та переходів на основі САМ є формалізованим і здійснюється за допомогою програмного модуля ASNA-1.

Компонентами САМ є:

- параметри об'єкта дослідження, які необхідно внести в його математичну модель;
- вектор стану об'єкта дослідження;
- базові події;
- формалізований опис ситуацій, в яких відбуваються базові події (умови, за яких відбуваються базові події, та обставини, що приймаються до уваги для даної базової події);
- формули розрахунку інтенсивностей базових подій (для кожної ситуації, в якій відбувається базова подія);
- формули розрахунку ймовірностей альтернативних переходів (коли варіантів наслідків є більше одного);
- правила модифікації компонент вектора стану.

Визначаємо компоненти САМ, які обумовлюють ступінь адекватності моделі процесу взаємодії РСК з ОВ.

2.1. Параметри об'єкта дослідження

2.1.1. Інтенсивності появи ОВ в різних зонах району забазування органу розвідки спеціального призначення:

L_0 – інтенсивність появи ОВ в районі забазування органу розвідки спеціального призначення поза зоною, що контролюється РСК;

L_1 – інтенсивність появи ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$;

L_2 – інтенсивність появи ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_2$.

2.1.2. Параметри систем комплексу 1К15:

2.1.2.1. Параметри СПВІ:

P_1 – ймовірність того, що СПВІ спрацює від радіозавади під час перебування ОВ поза зоною чутливості сейсмодатчиків $Д_1$ і $Д_2$;

P_2 – ймовірність того, що СПВІ не спрацює від радіозавади під час перебування ОВ поза зоною чутливості сейсмодатчиків $Д_1$ і $Д_2$.

2.1.2.2. Параметри автономної системи $ВКОПР_1$ визначаються з урахуванням типу грунту та рельєфу місцевості:

P_3 – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_1$** не реагує на ОВ, коли той перебуває в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$;

P_4 – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_1$** реагує на ОВ, але ідентифікує його неправильно;

P_5 – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_1$** реагує на ОВ і ідентифікує його правильно.

2.1.2.3. Параметри СПВІ при її взаємодії з автономною системою $ВКОПР_1$:

P_6 – ймовірність того, що СПВІ приймає сигнал від автономної системи **$ВКОПР_1$** під час дії радіозавади;

P_7 – ймовірність того, що СПВІ не приймає сигнал від автономної системи **$ВКОПР_1$** під час дії радіозавади.

2.1.2.4. Параметри автономної системи $ВКОПР_2$ визначаються з урахуванням типу грунту та рельєфу місцевості:

P_8 – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_2$** не реагує на ОВ, коли той перебуває в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_2$;

P_9 – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_2$** реагує на ОВ, але ідентифікує його не правильно;

P_{10} – ймовірність того, що автономна система **$ВКОПР_2$** реагує на ОВ і ідентифікує його правильно.

2.1.2.5. Параметри СПВІ при її взаємодії з автономною системою $ВКОПР_2$:

P_{11} – ймовірність того, що СПВІ приймає сигнал від автономної системи **$ВКОПР_2$** під час дії радіозавади;

P_{12} – ймовірність того, що СПВІ не приймає сигнал від автономної системи $ВКОПР_2$ під час дії радіозавади.

2.2. Компоненти вектора стану об'єкта дослідження

2.2.1. Компонента **V1 –** розміщення ОВ на місцевості може набувати таких значень:

V1=1 – ОВ поза зоною чутливості сейсмодатчиків $Д_1$ і $Д_2$;

V1=2 – ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$;

V1=3 – ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_2$.

Початкове значення V1=1.

2.2.2. Компонента **V2** – стан автономної системи $ВКОПР_1$ (характеризує взаємодію автономної системи $ВКОПР_1$ з ОВ). Значення цієї компоненти:

V2=0 – автономна система $ВКОПР_1$ справна і готова до роботи, ОВ відсутній в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$;

V2=1 – автономна система $ВКОПР_1$ не реагує на перебування ОВ у зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$;

V2=2 – автономна система $ВКОПР_1$ виявляє ОВ, але не ідентифікує його правильно;

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

V2=3 – автономна система ВКОПР$_1$ виявляє ОВ і ідентифікує його правильно.

2.2.3. Компонента **V3** – стан автономної системи ВКОПР$_2$ (характеризує взаємодію автономної системи ВКОПР$_2$ з ОВ). Значення цієї компоненти:

V3=0 – автономна система ВКОПР$_2$ справна і готова до роботи, ОВ відсутній в зоні чутливості сейсмодатчика Д$_2$;

V3=1 – автономна система ВКОПР$_2$ не реагує на перебування ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика Д$_2$;

V3=2 – автономна система ВКОПР$_2$ виявляє ОВ, але не ідентифікує його правильно;

V3=3 – автономна система ВКОПР$_2$ виявляє ОВ і ідентифікує його правильно.

2.2.4. Компонента **V4** – стан СПВІ, коли ОВ перебуває поза зоною чутливості сейсмодатчиків Д$_1$ і Д$_2$.

Значення компоненти **V4** вектора стану:

V4=1 – СПВІ включена і перебуває в черговому режимі;

V4=2 – СПВІ спрацьовує від радіозавади за відсутності радіосигналу від автономної системи ВКОПР$_1$ (ВКОПР$_2$);

V4=3 – СПВІ не спрацьовує від радіозавади за відсутності радіосигналу від автономної системи ВКОПР$_1$ (ВКОПР$_2$).

2.2.5. Компонента **V5** – стан СПВІ, коли ОВ перебуває в зоні чутливості сейсмодатчика Д$_1$.

Значення компоненти **V5** вектора стану:

V5=1 – СПВІ включена і перебуває в черговому режимі;

V5=2 – СПВІ спрацьовує від сигналу автономної системи ВКОПР$_1$ за наявності радіозавади;

V5=3 – СПВІ не спрацьовує від сигналу автономної системи ВКОПР$_1$ за наявності радіозавади;

V5=4 – автономна система ВКОПР$_1$ не зреагувала на ОВ, а СПВІ спрацьовує від радіозавади;

V5=5 – автономна система ВКОПР$_1$ не зреагувала на ОВ і СПВІ не спрацьовує від радіозавади.

2.2.6. Компонента **V6** – стан СПВІ, коли ОВ перебуває в зоні чутливості сейсмодатчика Д$_2$.

Значення компоненти **V6** вектора стану:

V6=1 – СПВІ включена і перебуває в черговому режимі;

V6=2 – СПВІ спрацьовує від сигналу автономної системи ВКОПР$_2$ за наявності радіозавади;

V6=3 – СПВІ не спрацьовує від сигналу автономної системи ВКОПР$_2$ за наявності радіозавади;

V6=4 – автономна система ВКОПР$_2$ не зреагувала на ОВ, а СПВІ спрацьовує від радіозавади;

V6=5 – автономна система ВКОПР$_2$ не зреагувала на ОВ і СПВІ не спрацьовує від радіозавади.

2.1. Визначення базових подій

Методика визначення базових подій викладена в [3,4].

Базова подія 0 – «Закінчення перебування ОВ поза зоною чутливості сейсмодатчика Д$_1$ за наявності радіозавади». З нею є зведена базова подія 7 (ЗБП7).

Базова подія 7 – «Закінчення взаємодії радіозавади, яку ставить ОВ, з СПВІ за відсутності сигналу від автономних систем ВКОПР$_1$ і ВКОПР$_2$». Приймаючи до уваги, що тривалість процесу взаємодії радіозавади, яку ставить ОВ з СПВІ є надзвичайно малою величиною – можна вважати при розробці моделі об'єкта дослідження цю тривалість рівною 0. Тому БП7 буде зведеною з БП0.

Базова подія 2 – «Закінчення взаємодії ОВ з сейсмодатчиком Д$_1$». Приймаючи до уваги, що тривалість процесу взаємодії ОВ з сейсмодатчиком Д$_1$ є надзвичайно малою величиною, вважаємо цю тривалість рівною 0. Тому БП2 буде зведеною з БП1.

Базова подія 3 – «Закінчення приймання сигналу СПВІ від автономної системи ВКОПР$_1$». Приймаючи до уваги, що тривалість процедури приймання сигналу СПВІ від автономної системи ВКОПР$_1$ є надзвичайно малою величиною, вважаємо цю тривалість рівною 0. Тому БП3 буде зведеною з БП1.

Базова подія 1 – «Закінчення перебування ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика Д$_1$»

Базова подія 5 – «Закінчення взаємодії ОВ з сейсмодатчиком Д$_2$». Приймаючи до уваги, що тривалість процесу взаємодії ОВ з сейсмодатчиком Д$_2$ є надзвичайно малою величиною, вважаємо цю тривалість рівною 0. Тому БП5 буде зведеною з БП4.

Базова подія 6 – «Закінчення приймання сигналу СПВІ від автономної системи ВКОПР$_2$». Приймаючи до уваги, що тривалість процедури приймання сигналу СПВІ від автономної системи ВКОПР$_2$ є надзвичайно малою величиною, вважаємо цю тривалість рівною 0. Тому БП6 буде зведеною з БП4.

Базова подія 4 – «Закінчення перебування ОВ в зоні дії Д$_2$».

Отже, при розробці моделі об'єкта дослідження, базовими подіями є: БП0 з нею зведена БП7; БП1 з нею зведені БП2 і БП3; БП4 з нею зведені БП5 і БП6.

2.1. Розробка дерева правил модифікації компонент вектора стану на основі базових подій

Результати розробки дерева правил модифікації компонент вектора стану, згідно з методикою поданою в [4], представлено в таблиці.

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

Таблиця

Дерево правил модифікації компонент вектора стану

Формалізований опис ситуації	Формули розрахунку інтенсивності базової події	Правила модифікації компонент вектора стану
БП0 (ЗБП7): **«Закінчення перебування ОВ поза зоною дії сейсмодатчика $Д_1$ за наявності радіозавади»**		
Об'єкт виявлення перебуває поза зоною чутливості сейсмодатчика $Д_1$; діє радіозавада; від радіозавади СПВІ спрацьовує з ймовірністю P_1 і не спрацьовує з ймовірністю P_2 : **(V1=1) AND (V4=1) AND (V5=1) AND (V6=1)**	L_0P_1	V4:=2
	L_0P_2	V4:=3
БП1 (ЗБП2, ЗБП3): **«Закінчення перебування ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_1$»**		
Автономна система $ВКОПР_1$ не виявляє (не реагує) ОВ з ймовірністю P_3; діє радіозавада, СПВІ спрацьовує від радіозавади з ймовірністю P_1 і не спрацьовує з ймовірністю P_2 : **(V1=2) AND (V2=1) AND (V4=2) AND (V5=4)**	$L_1P_3P_1$	V1:=3; V2:=0; V3:=1; V6:=4
	$L_1P_3P_2$	V1:=2; V2:=1; V5:=5
Автономна система $ВКОПР_1$ виявляє ОВ, але не ідентифікує його з ймовірністю P_4; діє радіозавада, СПВІ спрацьовує від сигналу автономної системи $ВКОПР_1$ з ймовірністю P_6 і не спрацьовує від сигналу автономної системи $ВКОПР_1$ з ймовірністю P_7: **(V1=1) AND ((V4=2) OR (V4=3))**	$L_1P_4P_6$	V_1:=2; V2:=2; V5:=2
	$L_1P_4P_7$	V1:=2; V2:=2; V5:=3
Автономна система $ВКОПР_1$ виявляє ОВ і ідентифікує його з ймовірністю P_5; діє радіозавада, СПВІ спрацьовує від сигналу автономної системи $ВКОПР_1$ з ймовірністю P_6 і не спрацьовує від сигналу автономної системи $ВКОПР_1$ з ймовірністю P_7: **(V1=1) AND ((V4=2) OR (V4=3))**	$L_1P_5P_6$	V1:=2; V2:=3; V5:=2
	$L_1P_5P_7$	V1:=2; V2:=3; V5:=3
БП4 (ЗБП5, ЗБП6): **«Закінчення перебування ОВ в зоні чутливості сейсмодатчика $Д_2$»**		
Автономна система $ВКОПР_2$ не виявляє (не реагує) ОВ з ймовірністю P_8; діє радіозавада, СПВІ спрацьовує від радіозавади з ймовірністю P_1 і не спрацьовує з ймовірністю P_2 : **(V1=2) AND ((V2=1) OR (V2=2) OR (V2=3)) AND ((V4=2) OR (V4=3)) AND ((V5=2) OR (V5=3) OR (V5=4) OR (V5=5))**	$L_2P_8P_1$	V1:=3; V2:=0; V3:=1; V6:=4
	$L_2P_8P_2$	V1:=3; V2:=0; V3:=1; V6:=5
Автономна система $ВКОПР_2$ виявляє ОВ, але не ідентифікує його з ймовірністю P_9; діє радіозавада, СПВІ приймає сигнал від автономної системи $ВКОПР_2$ з ймовірністю P_{11} і не приймає сигнал від автономної системи $ВКОПР_2$ з ймовірністю P_{12} : **(V1=2) AND ((V2=1) OR (V2=2) OR (V2=3)) AND ((V4=2) OR (V4=3)) AND ((V5=2) OR (V5=3) OR (V5=4) OR (V5=5))**	$L_2P_9P_{11}$	V1:=3; V2:=0; V3:=2; V6:=2
	$L_2P_9P_{12}$	V1:=3; V2:=0; V3:=2; V6:=3
Автономна система $ВКОПР_2$ виявляє ОВ і ідентифікує його з ймовірністю P_{10}; діє радіозавада, СПВІ приймає сигнал від автономної системи $ВКОПР_2$ з ймовірністю P_{11} і не приймає сигнал від автономної системи $ВКОПР_2$ з ймовірністю P_{12} : **(V1=2) AND ((V2=1) OR (V2=2) OR (V2=3)) AND ((V4=2) OR (V4=3)) AND ((V5=2) OR (V5=3) OR (V5=4) OR (V5=5))**	$L_2P_{10}P_{11}$	V1:=3; V2:=0; V3:=3; V6:=2
	$L_2P_{10}P_{12}$	V1:=3; V2:=0; V3:=3; V6:=3

2.5. Формування математичної моделі процесу взаємодії розвідувально-сигналізаційного комплексу з об'єктом виявлення у вигляді системи диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена

За допомогою програмного модуля ASNA-1 на основі розробленої САМ сформовано модель об'єкта дослідження у вигляді графа станів та переходів, який має 63 стани і 101 перехід.

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

На основі сформованого графа станів і переходів здійснюється формування системи диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена. Нижче представлено фрагмент системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{dQ_1(t)}{dt} = -L_0 Q_1(t)$$

$$\frac{dQ_2(t)}{dt} = L_0 P_1 Q_1(t) - L_1 Q_2(t)$$

$$\frac{dQ_3(t)}{dt} = L_0 P_2 Q_1(t) - L_1 Q_3(t)$$

$$\frac{dQ_4(t)}{dt} = L_1 P_1 P_3 Q_2(t) - L_2 Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_5(t)}{dt} = L_1 P_2 P_3 Q_2(t) - L_2 Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_6(t)}{dt} = L_1 P_4 P_6 Q_2(t) - L_2 Q_6(t)$$

$$\frac{dQ_7(t)}{dt} = L_1 P_4 P_7 Q_2(t) - L_2 Q_7(t)$$

$$\frac{dQ_8(t)}{dt} = L_1 P_5 P_6 Q_2(t) - L_2 Q_8(t)$$

$$\frac{dQ_9(t)}{dt} = L_1 P_5 P_7 Q_2(t) - L_2 Q_9(t)$$

$$\frac{dQ_{10}(t)}{dt} = L_1 P_3 P_1 Q_3(t) - L_2 Q_{10}(t)$$

$$\frac{dQ_{11}(t)}{dt} = L_1 P_3 P_2 Q_3(t) - L_2 Q_{11}(t)$$

$$\frac{dQ_{12}(t)}{dt} = L_1 P_4 P_6 Q_3(t) - L_2 Q_{12}(t)$$

$$\frac{dQ_{13}(t)}{dt} = L_1 P_4 P_7 Q_3(t) - L_2 Q_{13}(t)$$

$$\frac{dQ_{14}(t)}{dt} = L_1 P_5 P_6 Q_3(t) - L_2 Q_{14}(t)$$

$$\frac{dQ_{15}(t)}{dt} = L_1 P_5 P_7 Q_3(t) - L_2 Q_{15}(t)$$

$$\frac{dQ_{16}(t)}{dt} = L_2 P_1 P_8 Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{17}(t)}{dt} = L_2 P_2 P_8 Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{18}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{11} Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{19}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{12} Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{20}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{11} Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{21}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{12} Q_4(t)$$

$$\frac{dQ_{22}(t)}{dt} = L_2 P_1 P_8 Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{23}(t)}{dt} = L_2 P_2 P_8 Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{24}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{11} Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{25}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{12} Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{26}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{11} Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{27}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{12} Q_5(t)$$

$$\frac{dQ_{28}(t)}{dt} = L_2 P_1 P_8 \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{29}(t)}{dt} = L_2 P_2 P_8 \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{30}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{11} \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{31}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{12} \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{32}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{11} \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{33}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{12} \left[Q_6(t) + Q_8(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{34}(t)}{dt} = L_2 P_1 P_8 \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{35}(t)}{dt} = L_2 P_2 P_8 \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{36}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{11} \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{37}(t)}{dt} = L_2 P_9 P_{12} \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{38}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{11} \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\frac{dQ_{39}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{12} \left[Q_7(t) + Q_9(t) \right]$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\frac{dQ_{63}(t)}{dt} = L_2 P_{10} P_{12} \left[Q_{13}(t) + Q_{15}(t) \right],$$

де $Q_1(t),\ldots Q_{63}(t)$ – ймовірності перебування об'єкта дослідження в станах від першого до шістдесят третього.

Висновки

Ефективність роботи розвідувально-сигналізаційного комплексу залежить від умов його використання. Запропонована математична модель роботи розвідувально-сигналізаційного комплексу дозволяє

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко

визначити технічні характеристики його систем, що буде використовуватись у різних умовах обстановки.

Отримана математична модель дозволяє оцінити вплив радіозавад на ефективність роботи комплексу, провести порівняльний аналіз достовірності інформації при різних варіантах взаємодії об'єктів виявлення з встановленими автономними системами виявлення, класифікації об'єктів і передавання радіосигналів.

Побудована математична модель у вигляді дискретно-неперервної стохастичної системи з відповідним ступенем адекватності дозволяє обмежити кількість і обсяг натурних випробувань роботи розвідувально-сигналізаційного комплексу і при цьому отримати достовірні результати щодо ефективності і надійності його застосування.

В наступних публікаціях планується представити результати досліджень ефективності застосування розвідувально-сигналізаційного комплексу в різних умовах оперативно-тактичної обстановки, що будуть проведені з використанням запропонованої математичної моделі процесу його взаємодії з об'єктами виявлення.

Отримані результати досліджень планується використати при розробці проекту технічного завдання на виконання дослідно-конструкторської роботи щодо створення нового розвідувально-сигналізаційного комплексу для розвідувальних органів.

Список літератури

1. Изделие "Табун". Техническое описание по эксплуатации ЦИ1.100.000-03 ТО/с, 1988. – 33 с.

2. Абчук В.А. Справочник по исследованию операций / В.А. Абчук, Ф.А. Матвейчук, Л.П. Томашевский. – Москва: Военное издательство МО СССР, 1979. – 868 с.

3. Волочій Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 220 с.

4. Волочій Б.Ю. Системотехнічне проектування телекомунікаційних мереж. Практикум: навчальний посібник / Б.Ю. Волочій, Л.Д. Озірковський. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2012. – 128 с.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. М.Ю. Яковлев, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-СИГНАЛИЗАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА С ОБЪЕКТОМ ОБНАРУЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Б.Ю. Волочий, В.А. Онищенко

В статье представлена модель процесса взаимодействия разведывательно-сигнализационного комплекса с объектом обнаружения, разработанная с использованием технологии аналитического моделирования дискретно-непрерывных стохастических систем. В разработанной модели учтены особенности местности (тип грунта, рельеф), времени года, расположение охраняемого объекта и наличие радиопомех.

Ключевые слова: *разведывательно-сигнализационный комплекс, автономная система обнаружения и классификации объектов, система передачи радиосообщений, система приема и отображения информации.*

INTERACTION PROCESS MODEL OF BETWEEN RECONNAISSANCE-SIGNALING PLATFORM AND OBJECT OF DETECTION BASED ON CHARACTERISTICS OF OPERATIVE-TACTICAL SITUATION

B. Volochiy, V. Onyshchenko

In this article the author presents a process model of interacting between the reconnaissance-signaling platform and the object of detection. The model was worked out using the technology of analytical modelling of discrete-continuous stochastic systems. Using this model, the author takes into account the terrain features (soil type, land relief), time of the year, the location of protected object and the existence of radio interference.

Key words: *reconnaissance-signaling platform, autonomous system of detection and classifications of objects, system of transfer of radio messages, system of information reception and display.*

© Б.Ю. Волочій, В.А. Онищенко