УДК 621.396

Ю. А. Максименко

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ РАДІОУПРАВЛІННЯ КОМПЛЕКСОМ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ГРУПИ З УРАХУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

Анотація. *В даній статті запропоновано методику визначення структури системи радіоуправління комплексом розвідувальної групи з урахуванням електромагнітної сумісності. Запропонована модель дозволяє підвищити функціонування комплексу за рахунок різних варіантів управління засобами захисту й протидії, що можливо використовувати для подальших робіт з розробки пристроїв управління технічними засобами.*

Ключові слова*: технічні засоби, система радіоуправління, електромагнітна сумісність, ігрова модель, засоби протидії.*

Ю. А. Максименко

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ ГРУППЫ ИЗ УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Аннотация. *В данной статье предложена методика определения структуры системы радиоуправления комплексом разведывательной группы с учетом электромагнитной совместимости. Предложенная модель позволяет повысить функционирование комплекса за счет разных вариантов управления средствами защиты и противодействия, которое возможно использовать для дальнейших работ по разработке устройств управления техническими средствами.*

Ключевые слова: *технические средства, система радиоуправления, электромагнитная совместимость, игровая модель, средства противодействия.*

Yu. A. Maksymenko

METHODS OF DETERMINATION OF RECONNAISSANCE RADIO CONTROL SYSTEM CONSIDERING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

Abstract. *This thesis reveals the methods of determination of reconnaissance radio control system considering electromagnetic compatibility. The suggested model allows to improve the complex functioning due to different control options of protection and counteraction that can be used for further works on the development of technical control devices.*

Key words: *technical devices, radio control system, electromagnetic compatibility, counteraction devices, a model.*

Вступ. Значне збільшення кількості традиційних радіозасобів в останній час, та поява нових радіосервісів різного роду (радіо, сотових, транкінгових і т.д.), привело до різкого погіршення електромагнітної обстановки, особливо в УКХ діапазоні.

Разом з цим, специфіка радіоуправління технічними засобами обумовлює необхідність внесення в відомий науково-методичний апарат деяких змін і доповнень, що враховують сучасні умови в ефірі. Це може стосуватися переліку вихідних даних взаємодіючих радіоелектронних засобів, моделей поширення радіосигналів, критеріїв забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС), а також особливостей врахування методів управління пристроєм.

Основною особливістю застосування засобів військової техніки є наявність протидії з боку противника.

На новому рівні формування обліку технічних засобів і технологій повстає проблема реальності статистичних гарантій забезпечення безперервного управління по радіо.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Одним із завдань наукової роботи в Збройних Силах України (ЗСУ) на сучасному етапі є розв'язання актуальних проблем науково-технічного супроводження заходів Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) ЗСУ на 2015-2020 роки щодо розроблення, модернізації, закупівлі ОВТ; обґрунтування перспективних шляхів розвитку ОВТ, формування оперативно-стратегічних та оперативно-тактичних вимог до пріоритетних систем (зразків) ОВТ ЗСУ.

Викладення основного матеріалу. Велика кількість перешкод, одночасного використання тих самих частотних діапазонів, збільшення протидії з боку противника та завантаження діапазону який використовується для управління по радіо технічними засобами призводить до того, що достовірність управління неможливо оцінити без додаткового дослідження, навіть на невелику перспективу (3-4 роки).

Можливість забезпечення стійкого управління для розвідувальної групи є однією з найважливіших характеристик, що визначають експлуатаційні можливості комплексу управління технічними засобами у режимі «реального часу»[1,7].

Система по радіоуправлінню технічними засобами має специфічне призначення, принципи дії й умови застосування, що обумовлює особливості кількісної оцінки її ефективності. Найважливіші вимоги, яким повинен відповідати критерій ефективності даної системи складаються в наступному:

- відображення основного призначення системи й відповідність критерію мети проведеного дослідження, тобто показність критерію;
- критичність до параметрів, що характеризують призначення системи;
- наочність і простота визначення.

При цьому специфічний прямий показник характеризує ефект, отриманий при досягненні мети функціонування, а прагматичний прямій показник визначає ступінь досягнення мети. (середнє число виконаних завдань, імовірність досягнення мети).

При функціонуванні складної системи з метою досягнення певного результату як показника ефективності ухвалюється ймовірність виконання поставленого завдання, ступінь, що характеризує, пристосованості системи до виконання свого призначення. Якщо ж метою функціонування є досягнення максимуму (мінімуму) якогось показника, то критерієм є величини цього показника.

Ефективність E будь-якої складної системи S визначається призначенням $W_{\text{п}}$, результатами її використання по призначенню W та витратами на її створення й експлуатацію C. У найбільш загальному виді запропонований Х.Г. Волховером і іншими авторами критерій ефективності має вигляд [2,8]

$$E = \frac{W-C}{W_{\text{п}}} \qquad (1)$$

де $W_{\text{п}}$ визначається як результат застосування системи у випадку виконання нею всього обсягу завдань. Ступінь відповідності системи вимозі повністю й у встановлений термін виконувати у відповідних умовах завдання, які перед нею стоять - називають технічною ефективністю. Підсумки порівняння W та $W_{\text{п}}$ утворюють критерій технічної ефективності

$$E_{\text{т}} = E_{\text{т}}(W, W_{\text{п}}).$$

Порівняння витрат C на створення й експлуатацію системи з результатами використання системи по призначенню W характеризує економічну ефективність системи $E_{\text{е}}$, а підсумки порівняння утворюють критерій економічної ефективності

$$E_{\text{е}} = E_{\text{е}}(W, C).$$

Особливості оцінки ефективності складних систем військової техніки пов'язані із призначенням, принципами дії та їх складом. Такі системи можуть бути призначені для знищення (виведення з ладу або придушення) сил і засобів противника, для зниження ефективності засобів противника без їхнього знищення й для підвищення ефективності своїх засобів. Основною особливістю застосування засобів

військової техніки є наявність протидії з боку противника.

Суть функціонування системи якою управляють S_1 в умовах протидії з боку інших радіостанцій або пристроїв, які працюють на цій же частоті антисистеми S_2 пояснюється в статті [2]. Завдання полягає у відшуканні оператора $G_{1\text{упр}}$ системи S_1, максимального середнього значення показника ефективності (2)

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{\text{T}} \int_0^{\text{T}} \text{E(t)dt} \qquad (2)$$

при наявності протидії з боку антисистеми S_2.

Можливість забезпечення стійкому управлінню є однією з найважливіших характеристик, що визначають експлуатаційні можливості комплексу. Для підвищення надійності упраління радіолінії у режимі подачі команд у нормальних кліматичних умовах можливо допустити паралельне підключення двох систем, якими управляють.

Завдання визначення оператора радіозасобом $G_{\text{упр}}$ може бути вирішене за допомогою натурного експеримента, фізичного й математичного моделювання. Проведення натурного зксперимента вимагає більших витрат часу й засобів, а для зразків несерійних та тих що розробляється взагалі неможливо. При фізичному моделюванні між процесом - оригіналом і процесом - моделлю повинні бути збережені деякі співвідношення подібності, що враховують закономірності фізичної природи явищ. Сфера застосування фізичного моделювання обмежена, тому що не завжди вдається підібрати відповідний процес - модель .

Більш широкі можливості має математичне моделювання. До найбільш розвинених аналітичних методів дослідження функціонування складних систем ставляться методи лінійного й динамічного програмування, динаміки середніх, теорія масового обслуговування, теорія ігор і статистичних рішень та ін. У той же час застосування класичних методів прикладної математики зв'язане зі значними труднощами. Аналітичні методи дають найбільш повне розв'язання завдання, результати рішення дають основні закономірності процесу що досліджується й достатньо наочні. Аналітична модель у стані охопити лише основні істотні риси процесу без обліку другорядних факторів. Однак спрощення аналітичної моделі може привести до зростання помилок, що обмежує сферу застосування аналітичних методів. З іншого боку, обмеження виникають і у випадку великої складності аналітичної моделі й пов'язаної з нею системи відносин (системи рівнянь), коли введення в модель великої кількості несуттєвих факторів створює при рішенні непереборні труднощі. Клас рівнянь, доступних аналітичному дослідженню, може бути розширений за рахунок застосування ефективних чисельних методів рішення. Разом з тим рішення чисельними методами в порівнянні з аналітичними звичайно буває менш повним.

Апаратурне моделювання й моделювання на ЕОМ безперервної дії є універсальним у межах якогось певного класу завдань; для переходу до завдань іншого класу необхідне створення відповідної моделюючої установки. Метод статистичного моделювання заснований на самих загальних теоремах теорії ймовірностей (закон більших чисел, теорема Чебишева, теорема Бернуллі) і не містить, по суті, ніяких обмежень, що дозволяє вирішувати на серійних ЕОМ винятково складні завдання з високим ступенем точності [3,4]. Статистичні моделі враховують значно більше число факторів, не вимагають грубих спрощень і допущень, дозволяють проводити дослідження в тих випадках, коли розв'язання іншими методами виявляється недоступним. У той же час статистичний метод вимагає великого обсягу обчислень. Рішення при методі статистичного моделювання, як при всякому чисельному методі, носить приватний характер, воно відповідає фіксованим значенням параметрів і початкових умов. При цьому не завжди вдається встановити вплив тих або інших факторів на отриманий результат. Для перехід до більш загального результату необхідно багаторазове проведення експеримента, відповідно ускладнюється аналіз отриманих результатів. Розширення області практичного застосування статистичного моделювання

йде по шляху уніфікації моделюючих алгоритмів.

При виборі моделі функціонування складної системи S_1 слід враховувати, що істотною особливістю функціонування системи S_1 є наявність протидії з боку радіозасобів, які також працюють на цій же частоті - антисистеми S_2 [4]. У зв'язку з цим у якості моделі доцільно використовувати ігрову аналітичну модель. При спробі розв'язання завдань методами статистичного моделювання виникають додаткові труднощі, зв'язані, насамперед, з рішеннями в області змішаних стратегій для багатоходових ігор. Крім того, складні рішення вимагають дуже великого обсягу обчислювальних робіт, відповідно зростає кількість результатів. Результати рішень стають важко доступними для огляду, і не завжди є можливість визначити отримане рішення. Перехід до математичної моделі здійснюється шляхом формалізації процесу функціонування складної системи S_1.

Для визначення оператора управління радіозасобом $G_{\text{упр}}$ математичними методами необхідно перейти до математичної моделі шляхом формалізації процесу функціонування складної системи. Модель повинна відбивати основні, найбільш характерні, особливості системи. У розглянутому випадку [4,5] ці особливості обумовлені наявністю протидії функціонуванню радіосистеми S_1 з боку антисистеми S_2 і можуть бути враховані за допомогою ігрової моделі. В ігровій моделі конфліктуючі системи S_1 і S_2 представляються двома гравцями із протилежними інтересами.

Вибір управління функціонуванням складної системи є наступним завданням дослідження операцій. Протидія функціонуванню може організовуватися розумним противником або здійснюватися "природою". Теоретичною основою вибору управління при дослідженні конфліктних ситуацій служить теорія ігор і статистичних рішень [9,10]. Найбільш повно розроблена теорія некооперативних ігор двох гравців з нульовою сумою. Для різних ігор (у відповідності з наявною класифікацією) розроблені різні методи їх рішення.

В статті [6] була запропонована аналітична ігрова модель функціонування складної системи в умовах протидії, у яку як параметри введений час однократного застосування й час впізнавання засобів захисту й протидії. Залежно від співвідношення цього часу запропонована модель дозволяє кількісно описати різні варіанти управління засобами захисту й протидії за допомогою введених у роботі понять однобічного й двостороннього підслідковування й управління без підслідковування.

Ефективність складних систем, що функціонують в умовах протидії, багато в чому залежить від тимчасових характеристик управління засобами захисту. У системах військового призначення в складній бойовій обстановці прийняття рішення на використання альтернативних засобів захисту здійснюється, як правило, в умовах гострого дефіциту часу, коли інформація про противника не є повною. Обмеженість технічних характеристик і імовірний характер застосування засобів протидії висуває на передній план тимчасові характеристики управління засобами захисту й протидії. Проведене дослідження можливостей оптимізації управління засобами захисту складної системи з урахуванням тимчасових характеристик системи управління, засобів протидії й засобів захисту.

Рішення питань удосконалювання тимчасових характеристик управління функціонуванням складних систем дозволяє суттєво підвищити їх ефективність.

У статті [6] досліджуються питання про ступінь автоматизації процесу управління засобами захисту під час радіоуправління технічними засобами та доцільності використання в системі людини-оператора. Мета – проведення аналізу залежності ефективності складної системи радіоуправління технічними засобами від тимчасових характеристик управління. Вибір захисту й прийняття рішення на зміну захисту здійснюється відповідно до оптимальної стратегії управління, яка може бути стратегією подслідковування або змішаною стратегією. Впізнавання засобу протидії

може здійснюватись за участю або без участі людини-оператора, тобто що потрібно виконати щоб радіоуправління технічними засобами здійснювалось при появі перешкод. При наявності в системі людини мінімально досяжний час впізнавання буде обмежений можливостями людини по аналізу засобів протидії, по виконанню нею операцій при впізнаванні, при прийнятті рішень і перехід до іншого засобу захисту. Час виконання зазначених операцій залежить від навченості оператора, від наявності досвіду роботи в подібних умовах.

У процесі дослідження на основі розробленої аналітичної ігрової моделі функціонування розглянуті наступні питання:

- обчислення й реалізація оптимальних стратегій управління засобами захисту й протидії залежно від розташовуваної конфліктуючими системами інформації з урахуванням часу однократного застосування й часу впізнавання зазначених засобів;
- розрахунки ефективності складної системи при застосуванні системою й антисистемою оптимальних стратегій управління;
- кількісна оцінка впливу тимчасових характеристик на ефективність конфліктуючих систем;
- розробка вимог до тимчасових характеристик системи управління засобами захисту й протидії.

Висновки.

1. Задача розробки і впровадження нових методів і технічних рішень, які дозволять забезпечити управління по радіо технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності, є однією з актуальних на сучасному етапі розбудови ЗС України. Можливість визначення рівня шумів і перешкод, які зустрічаються в радіоефірі, дозволяє ставити завдання побудови моделі технічної системи, яка буде оптимальною при експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

2. Запропонована методика дозволяє реалізовувати оптимальні змішані стратегії складної системи радіоуправління комплексу і може бути використана в подальших дослідженнях з розробки пристрою для управління технічним засобом, який буде більш пристосований до експлуатації з урахуванням електромагнітної сумісності.

Список використаних джерел

1. Максименко, Ю. А. Задача радіоуправління технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності / Ю.А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса: – 2014. – № 3(36). – С. 72-79.

2. Максименко, Ю. А. Вихідні дані методик для визначення структури системи радіоуправління технічними засобами з урахуванням електромагнітної сумісності / Ю. А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса: – 2014. – № 4(37). – С. 49-52.

3. Максименко, Ю. А. Постановка задачи оптимизации модели функционирования сложной системы радиоуправления техническими средствами в условиях противодействия / Ю. А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса: – 2015. – № 1(38). – С. 11-15.

4. Максименко, Ю. А. Реалізація оптимальних змішаних стратегій складною системою радіоуправління технічними засобами / Ю. А. Максименко // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – Одеса: – 2015. – Вип. 1(6). – С. 89-94.

5. Максименко, Ю. А. Визначення оптимальної стратегії радіоуправління технічними засобами у випадку однобічного відслідковування / Ю. А. Максименко // Праці Одеського політехнічного університету. – Одеса: – 2015. – № 2(46). – С. 155-159.

6. Максименко, Ю. А. Аналіз залежності ефективності складної системи радіоуправління технічними засобами від тимчасових характеристик управління / Ю. А. Максименко // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса: – 2015. – Вип. 1(3). – С. 75-80.

7. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов // М.: Радио и связь. – 1983. – С. 234.

8. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем: Изд-во «Наука»/ Н. П. Бусленко // 1968. – С. 356.

9. Льюс, Р. Д., Райфа Х. С. Игры и решения: Изд-во «Иностранная литература»/ Р.Д. Льюс, Х.С. Райфа // 1981. – С. 46.

10. Гуткин, Л. С. Проектирование радиосистем и радиоустройств / Л. С. Гуткин //М.: Радио и связь. – 1986. – С. 288.

Отримано 28.04.2016

References

1. Yu. A. Maksymenko. Zadacha radioupravlinnia tekhnichnymy zasobamy z urakhuvanniam elektromahnitnoi sumisnosti [The problem of radio technical devices with regard to electromagnetic compatibility.] *Sbornik nauchnykh trudov SWORLD.Odesa, 2014, 3 (36).* (In Ukrainian).

2. Yu. A. Maksymenko. Vykhidni dani metodyk dlia vyznachennia struktury systemy radioupravlinnia tekhnichnymy zasobamy z urakhuvanniam elektromahnitnoi sumisnosti. [Output methods to determine the structure of radio technical devices with regard to electromagnetic compatibility.] *Sbornik nauchnykh trudov SWORLD.Odesa, 2014, 4 (37).* (In Ukrainian).

3. Yu. A. Maksymenko. Postanovka zadachi optimizatsyi modeli funktsyonirovaniia slozhnoi sistemy radioupravleniia tekhnicheskimi sredstvami v usloviiakh protivodeistviia. [The problem of optimization model of functioning of a complex system of radio technical devices in the conditions of opposition.] *Sbornik nauchnykh trudov SWORLD.Odesa, 2015, 1 (38)*. (In Russian)

4. Yu. A. Maksymenko. Realizatsiia optymalnykh zmishannykh stratehii skladnoiu systemoiu radioupravlinnia tekhnichnymy zasobamy. [Implementation of optimal mixed strategies complex system of radio technical devices.] *Zbirnyk naukovykh prats Odeskoi derzhavnoi akademii tekhnichnoho rehuliuvannia ta yakosti,* Odesa, 2015, 1 (6). (In Ukrainian).

5. Yu. A. Maksymenko. Vyznachennia optymalnoi stratehii radioupravlinnia tekhnichnymy zasobamy u vypadku odnobichnoho vadslidkovuvannia. [Determining the optimal strategy for the radio technical devices in the case of one-sided track.] *Pratsi Odeskoho politekhnichnoho universytety,* Odesa, 2015, 2 (46). (In Ukrainian).

6. Yu. A. Maksymenko. Analiz zalezhnosti efektyvnosti skladnoi systemy radioupravlinnia tekhnichnymy zasobamy vad tymchasovykh kharakterystyk upravlinnia. [Analysis of effectiveness depending on a complex system of radio technical devices of temporary management characteristics.] *Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoi akademii (m. Odesa), Odesa, 2015, 1 (13).* (In Ukrainian).

7. V. I. Tykhonov Optimalnyi priem sihnalov. [The optimal signal reception]. *Radio i sviaz, Moskow, 1983.* (In Russian)

8. N. P. Buslenko Modelirovanie slozhykh sistem. [Modeling of complex systems]. *Nauka, 1968.* (In Russian)

9. Kh. S. Raifa, R. D. Lius. Ihry i resheniia. [Games and solutions.] *Inostrannaia literatyra, 1981.* (In Russian)

10. L. S. Hutkin. Proektirovanie radiosistem i radioustroistv. [Designing of radio systems and radio.] *Radio i sviaz, Moskow, 1986.* (In Russian)

Максименко Юрій Анатолійович,
викладач, Військова академія (м. Одеса),
т. : 097-526-7230,
E-mail:
Max75-08@mail.ru