

67-72-103/2
20.11.17р.

Вченому секретарю
спеціалізованої вченої ради Д 35.052.10
у Національному університеті
«Львівська політехніка»

79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Шкілюка Олександра Петровича «Засоби багатоваріантного аналізу ефективності алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми

Розвиток сучасних радіотехнічних систем та комплексів сприяє розширенню їх функціональних можливостей, що, безумовно, потребує ускладнення їх структури. Новітні радіотехнічні комплекси завдяки радіотелеметричним та інформаційним системам, що входять до їх складу, забезпечують збір та обробку великої кількості інформації та обмін нею з командним центром або іншими комплексами. Таким чином, застосування складних радіотехнічних комплексів дозволяє не тільки відслідковувати зміни навколишньої обстановки, а й реагувати на них.

Бортові радіотелеметричні системи, розміщені на літальних апаратах або наземних транспортних засобах, інтегруються в більші радіотехнічні комплекси. Оскільки такі комплекси оперують отриманою інформацією, то їхня ефективність функціонування в цілому залежить в тому числі і від ефективності підпорядкованих радіотелеметричних систем.

Радіотелеметричні системи також застосовують в складі комплексів для здійснення спеціальних завдань, що полягає у виконанні визначеної цільової функції протягом дуже короткого проміжку часу з високою ймовірністю успішного виконання. Такого типу радіотелеметричні системи називають системами короткотривалого використання і перевищення тривалості виконання ними цільової функції рівнозначне невиконанню системою своєї функції. Це пояснюється тим, що інформація отримана із недопустимим запізненням втрачає свою актуальність, може призвести до прийняття невірних рішень і, відповідно, значних матеріальних або людських втрат.

Отже, ще на етапі системотехнічного проектування радіотехнічних систем забезпечення їх ефективності має надзвичайно важливе значення. Остаточна оцінка проєктованих систем може бути здійснена лише на етапі натурних випробувань. Таким чином, ще до етапу випробувань потрібно відібрати кілька кращих варіантів реалізації системи, відкинувши на попередніх

етапах завідомо незадовільні варіанти. Це дозволить скоротити тривалість власне етапу проектування та фінансові витрати на подальших етапах.

Саме тому надзвичайно актуальним є оцінювання ефективності багатьох варіантів радіотелеметричних систем короткотривалого використання на етапі системотехнічного проектування, застосовуючи для цього певні кількісні показники, коли система ще не реалізована.

Показниками ефективності радіотелеметричних систем короткотривалого використання, як для структурно-алгоритмічних систем, функціонування яких можна представити алгоритмом, є імовірність успішного виконання завдання за заданий інтервал часу та середня тривалість виконання.

Задачу багатоваріантного аналізу алгоритмів функціонування радіотелеметричних систем можна вирішувати, побудувавши та дослідивши її модель. Такою моделлю є алгоритм поведінки (АП), що відтворює функціональну і надійнішу поведінку системи. Ефективне використання часової надлишковості, використання циклів повторного виконання та виходи з них за певних умов, процедури самоконтролю, діагностики, перемикання характерні для алгоритмів поведінки. Це дозволяє прийняти до уваги не лише успішність, а й неуспішність виконання алгоритму, а це, в свою чергу, дозволяє для систем короткотривалого використання уникнути похибки при визначенні середнього значення тривалості виконання алгоритму, оскільки неврахування неуспішних спроб занижує цей показник.

Робота структурована і має логічний виклад досліджень і міркувань. На основі аналізу літератури автор визначив основні показники ефективності алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи (БРТС) короткотривалого використання. В роботі представлено розроблені засоби, призначені для багатоваріантного аналізу та параметричного синтезу алгоритмів поведінки радіотелеметричної системи на етапі її системотехнічного проектування.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено:

1. У Науковому Центрі Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного при виконанні науково-дослідної роботи за шифром «Комплекс-С»;

2. У держбюджетній науково-дослідній роботі «Розроблення моделей, методів та алгоритмів для автоматизованої оцінки показників надійності радіоелектронних та електромеханічних пристроїв та систем» (номер держреєстрації №0110U001098);

3. У держбюджетній науково-дослідній роботі «Розроблення моделей надійності, ризику та безпечності програмно-апаратних технічних систем» (номер держреєстрації № 0113U001371);

Аналіз змісту дисертації.

У *вступі* сформульовано наукову задачу дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність теми, показано її зв'язок з науковими програмами,

темами, подано мету і завдання дослідження, приведено основні наукові результати дисертаційного дослідження та показано їх практичне значення. Представлено відомості про апробацію роботи та дані про особистий внесок здобувача в колективних публікаціях.

У першому розділі дисертантом виконано ґрунтовний огляд україномовних, російськомовних та англомовних науково-технічних публікацій (150 джерел), за темою дисертації та проаналізовано методи для вирішення задач оцінювання показників ефективності радіотелеметричних систем. Автором здійснено аналіз особливостей таких систем та обґрунтовано вибір їх показників ефективності.

Також розглянуто позитивні властивості методів для оцінювання показників ефективності, їх обмеження для вибору математичного апарату, який дозволить здійснити розробку математичних моделей алгоритмів поведінки БРТС короткотривалого використання.

Відомі методи моделювання потребують значного використання інтелекту розробника для розуміння тонкощів математичного моделювання. Крім того, ці методи вимагають значних затрат часу для ручної побудови моделі та її дослідження, для оцінки показників ефективності. Ці фактори можуть негативно вплинути на внесення помилок при розробці математичної моделі. Існують формалізовані і частково автоматизовані методи моделювання, однак їх застосування не дозволяє врахувати всі особливості алгоритмів поведінки БРТС короткотривалого використання.

Автором зроблено висновки про необхідність модифікувати відомий метод простору станів – метод автоматизованої побудови графа станів та переходів для його адаптації для багатоваріантного аналізу показників ефективності БРТС короткотривалого використання.

У другому розділі автором здійснено модифікацію методу простору станів (методу автоматизованої побудови графу станів і переходів). Модифікація полягає у внесенні змін в опис структурно-автоматної моделі об'єкта дослідження, а саме у відображенні особливостей алгоритму поведінки на блок-схемі в явній формі. Врахування цих особливостей в моделі відображає не лише надійнісну, а й функціональну поведінку БРТС короткотривалого використання, що підвищує адекватність моделей та достовірність результатів моделювання. Стохастичний блок альтернативного переходу і детермінований блок умовного переходу призначені для розрізнення станів втрати працездатності та збоїв апаратних засобів, повторних циклів в алгоритмі, виходів із циклу при умові.

Модифікація вищезазначеного методу простору станів дає змогу автоматизовано будувати моделі АП, а методика побудови моделей, формування, оцінки та дослідження показників ефективності алгоритму, розроблена на основі цього методу забезпечує проведення багатоваріантного аналізу показників ефективності АП БРТС короткотривалого використання та подальшого параметричного синтезу.

Із застосуванням розробленої методики автором проведено оцінювання і аналіз показників ефективності тестового АП радіотехнічної системи і

отримано сімейство характеристичних кривих показника ефективності алгоритму – імовірності успішного виконання за визначений проміжок часу. Таким чином, було показано вплив надійності апаратних засобів та кількості повторень вкладеного циклу на показники ефективності АП. Такий підхід дозволяє давати рекомендації для вибору кращого варіанту АП БРТС короткотривалого використання.

Оскільки на етапі системотехнічного проектування достовірність результатів моделювання забезпечується використанням щонайменше двох методів моделювання, то у *третьому розділі* автором представлено метод «схеми шляхів».

«Схема шляхів» – компактне відтворення алгоритму поведінки, що полягає у відображенні поведінки БРТС короткотривалого використання сукупністю всіх шляхів, які ведуть до успішного виконання або невиконання її цільової функції. Це дозволило перейти від блок-схеми АП до редукованого графічного представлення, яке вже не містить перевіряючих блоків, однак повністю відтворює поведінку системи.

Формування схеми шляхів полягає у перетворенні операційних блоків блок-схеми АП у відповідні їм функціональні блоки. Фрагмент АП, що містить цикл повторного виконання представляється на схемі шляхів одним повторюваним функціональним блоком, який містить параметри не лише тривалості виконання, як функціональний блок, а ще й ймовірність повторного виконання та його допустиму кількість. Функціональні блоки на схемі шляхів зв'язуються переходами, замінюючи перевіряючі блоки із блок-схеми АП.

Автор продемонстрував модель алгоритму поведінки у формі запису виразу проходження найдовшого шляху від початку до успішного виконання з урахуванням успішних і неуспішних спроб виконання та кількості циклів, використовуючи метод «схеми шляхів», а також розробив методуку побудови моделі АП радіотелеметричної системи короткотривалого використання та дослідження її показників ефективності.

Для методуки на основі методу «схеми шляхів» було розроблено алгоритм автоматизації, що дозволило створити прототип програмного засобу для багатоваріантного аналізу показників ефективності АП БРТС короткотривалого використання з мінімальними затратами часу.

Дисертантом здійснено порівняння методів оцінки показників ефективності алгоритмів поведінки, яке підтвердило достовірність результатів моделювання алгоритмів поведінки, отриманих розробленим методом схеми шляхів та вдосконаленим методом автоматизованої побудови графа станів та переходів відносно аналітичного методу мови алгоритмічних алгебр.

У *четвертому розділі* дисертантом розглянуто і вирішено завдання багатоваріантного аналізу показників ефективності алгоритму поведінки радіотелеметричної системи короткотривалого використання, яка може функціонувати у двох режимах роботи – режимі запису і напрямленого передавання та режимі запису, напрямленого передавання і відтворення. Для вирішення цього завдання застосовувався і модифікований метод автоматизованої побудови графу станів та переходів, і метод «схеми шляхів».

Також виконано порівняння середніх значень тривалості виконання АП БРТС в цих режимах роботи з врахуванням і без врахування неуспішних спроб виконання алгоритму.

Розроблені моделі та методики були застосовані для проектування іншого класу систем – комплексів моніторингу наземної обстановки, для яких також характерною є необхідність виконання поставленого завдання із заданою надійністю протягом обмеженого короткого проміжку часу.

Виконання вищеназваного завдання дозволило забезпечити достовірність результатів моделювання АП комплексу моніторингу наземної обстановки і значно скоротити часові затрати на його проектування.

Акти впровадження результатів дисертації підтверджують використання наукових положень, висновків і рекомендацій у держбюджетних науково-дослідних роботах та навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка», а також у Науковому центрі Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Обґрунтованість одержаних наукових результатів базується на коректному використанні положень теорії системотехнічного проектування радіотехнічних систем та комплексів, теорії моделювання складних систем, теорії марковських випадкових процесів, теорії надійності складних систем.

Розроблення моделей алгоритму поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання здійснене з використанням удосконаленої технології аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем, у якій застосовано метод формалізованого представлення об'єктів дослідження у вигляді структурно-автоматної моделі та метод побудови моделей у вигляді графа станів і переходів на основі структурно-автоматної моделі.

Математичний апарат теорії моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем для побудови математичної моделі представлено у вигляді системи диференційних рівнянь Колмогорова - Чепмена. Для їх розв'язання використано методи одержання чисельних розв'язків систем лінійних диференційних рівнянь.

Для розроблення методу схеми шляхів застосовані методи теорії імовірності.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукову новизну одержаних результатів дисертаційної роботи Шкілюка О.П. можна визначити як:

1. Вперше запропоновано метод побудови моделей алгоритму поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання у вигляді «схеми шляхів», який, на відміну від існуючих, враховує ефективне використання часової надлишковості алгоритму поведінки

та успішне і неуспішне його завершення і, разом з цим, дозволяє зменшити затрати часу на розроблення моделі алгоритму поведінки.

2. Вперше розроблено дві нові моделі алгоритму поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання для режиму запису і напрямленої передачі та режиму запису, напрямленої передачі і відтворення телеметричної інформації, які, на відміну від відомих, не потребують представлення алгоритму поведінки канонічними регулярними формами і логічними функціями та враховують успішні і неуспішні спроби його виконання при визначенні середнього значення тривалості виконання алгоритму поведінки, що дає змогу підвищити достовірність результатів аналізу.

3. Набув подальшого розвитку метод автоматизованої побудови графа станів і переходів, який, на відміну від відомого, передбачає модифікацію запису умови відмови та оброблення результатів розв'язання системи лінійних диференційних рівнянь для врахування часової надлишковості та успішного і неуспішного завершення алгоритму поведінки, що дало змогу формувати рекомендації для ефективного використання його часової надлишковості та підвищити достовірність показників ефективності.

Практична цінність одержаних результатів та їх подальше використання

Запропоновані в дисертаційній роботі методи, методики та моделі дозволяють розв'язувати практичні задачі оцінювання ефективності радіотехнічних систем, для яких ці показники можна інтерпретувати як імовірність виконання та тривалість виконання.

Підтвердженням практичного значення роботи є впровадження представлених засобів для оцінки показників ефективності радіотехнічних систем організаціями і у навчальному процесі. Відповідно до актів впровадження, реалізація вказаних результатів дозволила скоротити терміни прийняття рішень та трудоемкості виконаних робіт.

Подальше використання результатів є доцільним для організацій, які займаються проектуванням радіотехнічних систем, а також у навчальному процесі університетів або інститутів, в яких викладаються дисципліни зі системотехнічного проектування радіотехнічних систем

Представлені наукові та практичні результати дисертаційної роботи є вагомим внеском у розвиток методів оцінювання ефективності радіотехнічних систем, які можна віднести до структурно-алгоритмічних систем і показники яких загалом можна інтерпретувати як імовірність виконання та тривалість виконання.

Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих теоретичних результатів підтверджується:

1. Коректністю основних припущень і положень, на яких ґрунтуються математичні моделі оцінювання показників ефективності радіотелеметричних систем;

2. Відображенням показників ефективності як здатності системи виконувати свої основні функції;

3. Зрозумілою фізичною інтерпретацією результатів моделювання;

4. Результатами практичного використання запропонованих методів, методик та моделей при оцінюванні показників ефективності реальних систем, що підтверджується актами впровадження.

Оформлення дисертації та автореферату. Повнота публікацій основних матеріалів дисертації

Дисертаційну роботу викладено на 168 сторінках, з них 110 сторінок основного тексту, 17 рисунків та 11 таблиць. Автореферат і дисертацію оформлено відповідно з вимогами.

Основні результати дисертації опубліковано у 22 публікаціях, із них 1 – у іноземному періодичному виданні (Словаччина), 7 – у фахових виданнях України, 11 – у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій та 3 – у матеріалах науково-технічних конференцій України. В статтях відображено основні наукові результати, відсутні повторювання та, як і в дисертаційній роботі, не застосовано результати інших авторів без відповідних посилань.

Основні положення дисертації обговорювалися на 15 міжнародних і Всеукраїнських НТК і семінарах. Це підтверджує достатній рівень апробації результатів роботи та визнання досягнень дисертанта провідними фахівцями галузі.

У дисертації і авторефераті основні положення, результати і висновки сформульовані коректно і зрозуміло. Текст дисертації логічно структурований. Графічний матеріал в повній мірі доповнює зміст роботи. Автореферат об'єктивно відображає основні результати дисертації. Автор коректно використовує наукову термінологію і термінологію, яка сформувалася у предметній області.

Означені результати сформульовано відповідно до дисертації і автореферату. Автореферат ідентичний змісту дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Аналізуючи особливості радіотелеметричних систем короткотривалого використання, дисертант розглядає системи як цивільного, так і військового, і подвійного призначення, однак не наводить критеріїв, згідно яких можна однозначно встановити, в яких випадках систему потрібно вважати системою короткотривалого використання, а в яких ні.

2. Дисертант стверджує, що модифікований метод автоматизованої побудови графу станів і переходів, в залежності від складності алгоритму поведінки, на 50-75 відсотків скорочує часові затрати на його розробку, що є відносними і суттєво залежить від професійного рівня проектанта і його вміння працювати з розробленими автором засобами.

3. Алгоритм прототипу програмного засобу, що реалізовує автоматизацію методу «схеми шляхів» було б доцільніше представити не у вербальній формі, а у вигляді блок-схеми (розділ 3).

4. В дисертації наявні незначні стилістичні та орфографічні помилки.

Зауваження і недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку, наукову та практичну цінність дисертаційної роботи.

Висновки

Дисертація Шкілюка Олександра Петровича виконана на високому науковому рівні і є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати. В дисертації представлені рішення науково-практичного завдання розроблення засобів багатоваріантного аналізу для оцінювання показників ефективності та параметричного синтезу алгоритму поведінки бортових радіотелеметричних систем короткотривалого використання.

За актуальністю теми, обґрунтованістю і достовірністю отриманих результатів, науковою та практичною цінністю вважаю, що дисертаційна робота «Засоби багатоваріантного аналізу ефективності алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання» відповідає вимогам положення про «Порядок присудження наукових ступенів» Кабінету Міністрів України та паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор – Шкілюк Олександр Петрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент – начальник науково-дослідного відділу
Наукового центру Сухопутних військ
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного
к.т.н., с.н.с., підполковник

Ю. П. САЛЬНИК

18. 11. 2017 р.

Підпис Сальника Юрія Павловича засвідчую

Заступник начальника Національної академії
сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
з наукової роботи
к.і.н., доцент, полковник



А. В. СЛЮСАРЕНКО