



СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

3(43) ' 2017

Заснований
у 2007 році

Наукове періодичне видання,
в якому відображені результати
наукових досліджень з розробки та
удосконалення систем управління,
навігації та зв'язку у різних
проблемних галузях.

Засновник:
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

Адреса редакційної колегії:
Україна, 36011, м. Полтава,
Першотравневий проспект, 24

Телефон: +38 (066) 706-18-30
(консультації, прийом статей).

E-mail:
kozelnkova@ukr.net

Інформаційний сайт:
<http://www.pntu.edu.ua>

Реферативна інформація
зберігається: у загальнодержавній
реферативній базі даних
„Україніка наукова” та публікується
у відповідних тематичних серіях
УРЖ „Джерело”.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Заступники голови:

ШЕФЕР Олександр Віталійович (канд. техн. наук, доц., Україна)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (д-р техн. наук, доц., Україна)

Члени:

БЛАУНШТЕЙН Натан Олександрович (д-р техн. наук, проф., Ізраїль)

ВЕСОЛОВСЬКИЙ Кшиштоф (д-р техн. наук, проф., Польща)

ІЛЬІН Олег Юрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КОРОБКО Богдан Олегович (канд. техн. наук, доц., Україна)

КОШОВИЙ Микола Дмитрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛАДАНЮК Анатолій Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛУНТОВСЬКИЙ Андрій Олегович (д-р техн. наук, проф., Німеччина)

МАШКОВ Віктор Альбертович (д-р техн. наук, проф. Чехія)

МАШКОВ Олег Альбертович (д-р техн. наук, проф., Україна)

МОРГУН Олександр Андрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ПОПОВ Валентин Іванович (д-р фіз.мат. наук, проф., Латвія)

СТАНКУНАС Джонас (д-р техн. наук, проф., Литва)

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ФРОЛОВ Євгеній Андрійович ((д-р техн. наук, проф., Україна)

ХОРОШКО Володимир Олексійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЧОРНИЙ Олексій Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Відповідальний секретар:

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, проф., Україна)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

Журнал індексується наукометричною базою Google Scholar

Затверджений до друку науково-технічною радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (протокол № 7 від 17 травня 2017 року)

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 25.01.2013 р., № 54

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.



Юрій Кондратюк

120

**Випуск журналу присвячений
120-й річниці із дня народження
піонера теоретичної космонавтики**

З М І С Т

<i>Шульга О.В., Борщ В.В. Штрихи біографії Юрія Кондратюка до 120-річного ювілею</i>	4
НАВІГАЦІЯ	
<i>Дорогобід В.П., Козелков С.В., Бороздін М.К. Підвищення точності місцеположення рухомих об'єктів за рахунок використання системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України</i>	7
ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ	
<i>Борщ В.В., Борщ О.Б., Шульга О.В. Автоматизоване керування процесом знезараження води</i>	11
<i>Галай В.М. Дослідження та моделювання системи управління електроприводом пасажирського ліфта із покращеними динамічними характеристиками</i>	14
<i>Здановський В.Г., Коваленко В.В., Глива В.А. Критеріальний підхід до оцінювання електромагнітного навантаження на виробничі середовища</i>	18
<i>Кислиця С.Г., Кожушко Г.М. Світлодіодні світильники: особливості та основні світлотехнічні вимоги</i>	21
<i>Мінтус А.М. Підвищення точності формування задавальних впливів для систем позиціонування</i>	24
<i>Свид І.В., Штих І.А. Синтез виявлювача послідовностей сигналів запиту несинхронної мережі систем ідентифікації</i> ..	28
<i>Тамахін Г.В., Дзівіцький В.Д. Оптимізація передачі електричної енергії від джерел до нелінійного навантаження</i>	31
<i>Худов В.Г., Хижняк І.А., Петров О.А. Ройовий метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження</i>	34
<i>Шуляк М.Л., Лебедев А.Т., Артьомов М.П., Мальцев В.П. Експериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату</i>	38
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ	
<i>Корж Ю.Н., Тыртышников А.И., Маврина М.А., Курчанов В.Н. Особенности прогнозирования нестационарных случайных процессов с известным трендом</i>	43
<i>Лецинский В.А., Лецинская И.А. Анализ структуры понятий методом сравнения</i>	48
<i>Ребров О.Ю. Анализ розподілу сільськогосподарських угідь України за питомим опором ґрунту при оранці</i>	51
КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА	
<i>Берковський В.В., Безсонов О.С. Аналіз та класифікація методів виявлення вторгнень в інформаційну систему</i>	57
<i>Резанов Б.М., Бульба С.С., Шокотько Д.В. Фактори аутентифікації системи контролю та управління доступом</i> ...	63
<i>Стрельницький О.О. Протиріччя та проблема захисту інформації в мережі систем спостереження повітряного простору</i>	66
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
<i>Веселовський М.В. Побудова смарт-систем за допомогою Raspberry Pi</i>	69
<i>Єрмілова Н.В., Остапенко О.С. Сучасні інформаційні технології у створенні віртуального освітнього середовища віддаленого доступу при інженерній підготовці фахівців електротехнічного напрямку</i>	73
<i>Жебка В.В., Шевченко С.М., Онищенко В.В. Основні аспекти математичного моделювання процесу управління телекомунікаційною мережею</i>	77
<i>Кучук Н.Г., Нечаусов С.М. Математична модель процесу оперативного перерозподілу обчислювальних ресурсів в гіперконвергентному середовищі</i>	80
<i>Левченко Д.Д. Аналіз факторів, що впливають на продуктивність кластеру нереляційної бази даних Cassandra</i>	84
<i>Лисенко Д.Е. Модель задачі прийняття рішень щодо вибору бізнес-процесів логістичного циклу організаційно-технічної системи</i>	88
<i>Мартінукус І.О., Ткачук М.В., Гамзаєв Р.О. Конструювання лінійок програмних продуктів із застосуванням доменного моделювання та метрик повторного використання коду</i>	93
<i>Минухин С.В. Информационная технология обработки заданий в двухуровневой распределенной системе с использованием СУБД PostgreSQL</i>	98
<i>Москаленко А.О., Сокол Г.В., Глуховець Ю.В., Варич В.В. Комплекс інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ засобами Blender</i>	104
<i>Обод А.І. Синтез та аналіз інформаційної структури обробки даних систем спостереження повітряного простору</i> ..	108
<i>Prischepa A.V. Modern data transmission system</i>	111
<i>Сілін С.О., Шостак І.В. Підхід до створення віртуальної мережі між IoT-пристроями, що поєднані трансляцією мережевих адресів</i>	114
<i>Ткачов В.М. Метод передачі даних в комп'ютерній мережі проміжного зберігання даних складної інформаційної системи</i>	117
<i>Чаузов О.М., Кононов В.Б., Лукова-Чуйко Н.В. Методика прогнозування часу обробки запиту систем швидкого реагування</i>	120
<i>Яцина Д.Ю. Нейронні мережі для розробки системи конвертації голосу</i>	124
ЗВ'ЯЗОК	
<i>Гонтар М.М., Сільвестров А.М., Нелюба Д.М. Аналіз методу найменших квадратів при зашумленості сигналів</i> ...	129
<i>Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Смоляр В.Г., Волошко С.В. Мультистандартна система транкінгового зв'язку на основі перспективних технологій</i>	133
<i>Шефер О.В. Використання каналів втрати енергії електронів плазмової оболонки для мінімізації спотворень та затухань сигналів зв'язку із космічним апаратом</i>	139
<i>Шишацький А.В., Гриценко К.М., Чумак В.К., Завада А.А. Методика управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами</i>	143
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	146

УДК 929Кон

О.В. Шульга, В.В. Борщ

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ШТРИХИ БІОГРАФІЇ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА ДО 120-РІЧНОГО ЮВІЛЕЮ

Шаргей Олександр Гнатович народився 21 червня 1897 року в Полтаві в сім'ї високоосвічених Людмили Львівни Шаргей (в дівочтві Шліппенбах) та Гната Бенедиктовича Шаргея, які, проживаючи в Києві, підтримували тісні зв'язки з прогресивно налаштованою інтелігенцією та студентством.

Малий Сашко рано втратив матір, а батько виїхав у Німеччину для продовження навчання у Вищій технічній школі в Дармштадті. В 1903 році Г.Б. Шаргей разом з сином переїхав у Петербург, де Сашко навчався в гімназії аж до раптової смерті батька в 1910 році.

Обставини склались так, що малий Сашко виховувався в родині двоюрідної бабусі Катерини Кирилівни та дідуся Якіма Микитовича Даценків, які проживали в Полтаві. Сім'я Даценків підтримувала гарні стосунки з Панасом Мирним, В.Г. Короленком та іншими представниками прогресивної української інтелігенції. Дитячі та юнацькі роки Олександра пройшли в атмосфері українського патріархального побуту.

Вже в старших класах Полтавської чоловічої гімназії, яку закінчив із срібною медаллю, Олександр захопився проблемою міжпланетних перельотів.

У 1916 р. Олександр Шаргей вступив на механічне відділення Петербурзького політехнічного інституту, звідки був призваний на військову службу – на курси прапорщиків при одному з юнкерських училищ. До демобілізації в березні 1918 року воював на турецькому фронті. Після Жовтневої революції, як офіцер царської армії був мобілізований у білу армію, але дезертирував з неї. Наприкінці 1919 року знову був мобілізований в білу армію, однак по дорозі з Києва в Одесу залишив військовий ешелон, позбавившись при цьому всіх документів. Після приходу більшовиків до влади в Україні Олександр Шаргей зрозумів, чим загрожує йому минуле царського офіцера, що змусило його протягом деякого часу жити в знайомих на напівлегальному становищі. Мачуха Олександра – Олена Петрівна Гіберман дуже любила та поважала пасинка. Знаючи досвід спілкування влади більшовиків з офіцерами білої армії, в 1921 році роздобула документи померлого студента Київського університету - Юрія Васильовича Кондратюка та вмовила Олександра Гнатовича Шаргея прийняти їх. З цього дня Олександр

Гнатович Шаргей став Юрієм Васильовичем Кондратюком.

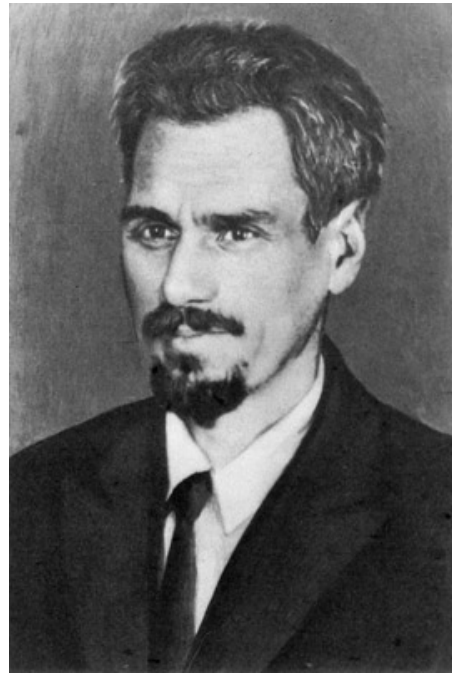


Рис. 1. Кондратюк Юрій Васильович

З 1921 по 1927 рік Ю.В. Кондратюк працював на підприємствах Південної України, Кубані та Північного Кавказу. У 1927 році, побоюючись можливих репресій влади, він переїхав до Сибіру, де було простіше приховуватись під чужим іменем. Працюючи в Новосибірську на підприємстві «Хлібопродукт» де приймав участь у будівництві та вдосконаленні елеваторів.



Рис. 2. Зерносховище «Мастодонт»

Після завершення знаменитого елеватора «Мастодонт» об'ємом 13 000 тонн Кондратюк разом з кількома співробітниками «Хлібопродукту» в 1930 р. були арештовані в звинуваченні у шкідництві. Одним з пунктів звинувачення було те, що Кондратюк будував елеватор не тільки без креслень, але й без гвіздків. Рішенням судової колегії з кримінальних справ Верховної Суду РРФСР його засудили на три роки таборів. Однак, замість таборів Ю.В. Кондратюк працював у створеному в Новосибірську спеціалізованому бюро № 14 для в'язнів-інженерів, в якому проектувались вугільні підприємства. Працюючи в спеціалізованому бюро до серпня 1932 р. Ю. В. Кондратюк отримав патент і авторське свідоцтво в галузі копальневого обладнання. Ним були опубліковані наукові статті з низки спеціальних проблем: прискорення та полегшення проходки шахт з опалубною механізацією бетонних робіт та робіт по збиранню породи, зберігання бетону високого опору та постійного кріплення копальневих стволів, залізобетонний копер.

Працюючи в бюро № 14, Ю.В. Кондратюк ознайомився з умовами конкурсу проектів Кримської вітроелектростанції. В 1933 році в Харкові, в науково-дослідному інституті променергетики під керівництвом Ю.В. Кондратюка була продовжена робота над проектом станції. Над проектом працювала група інженерів та вчених – П.К. Горчаков, Д.Я. Алексапольський, Н.В. Нікітін, А.А. Даманський, С.З. Штеллінг, Л.А. Ліфшиц. Вже в 1937 році в Криму, на горі Ай-Петрі розпочалось будівництво фундаменту станції. Однак, в 1938 році було прийняте рішення про припинення проектування та будівництва потужних вітроелектростанцій. В зв'язку з цим в наступні два роки Ю.В. Кондратюк займався проектуванням малих дослідних вітрових електростанцій в Проектно-експериментальній конторі вітроелектростанцій.



Рис. 3. Проект Кримської ВЕС на Ай-Петрі

В цей період Ю.В. Кондратюк одержав наполегливі пропозиції про співпрацю від С.П. Корольова. Одна з версій відмови Ю.В. Кондратюка від співпраці з С.П. Корольовим полягала в тому, що робота над військовими проектами передбачала жорстокий контроль зі сторони НКВС, що могло призвести до розкриття білогвардійського минулого О. Шаргея з усіма наслідками.

Після початку Великої Вітчизняної війни Ю.В. Кондратюк пішов добровольцем на фронт, ставши телефоністом. Загинув Ю.В. Кондратюк 25 лютого 1942 року. Похований біля с. Кривцове Калужської області в Росії.

На відміну від офіційної версії загибелі Ю.В. Кондратюка, існують неофіційні. Відповідно до однієї з них, Ю.В. Кондратюк під час війни міг працювати в Німеччині в конструкторському бюро фон Брауна під змінним іменем. Після закінчення війни, коли частина ракетників виявилася в США, а частина в СРСР, Ю.В. Кондратюк змушений був перебраться до США з новим прізвищем і новою біографією.

Все, чим займався Ю.В. Кондратюк, було оригінальним, нестандартним, продуманим в інженерному плані. Однак, славу йому принесли праці з теорії ракетно-космічних польотів.

В своїй першій науковій роботі «Тим хто буде читати, щоб будувати» (1918 – 1919 р.р.), Ю.В. Кондратюк незалежно від К.Е. Цюлковського оригінальним методом вивів рівняння руху ракети та запропонував конструкцію багатоступінчатої ракети на киснево-водневому паливі. В цій же роботі для гальмування ракети при спуску на Землю запропоновано використовувати опір атмосфери з метою економії палива.

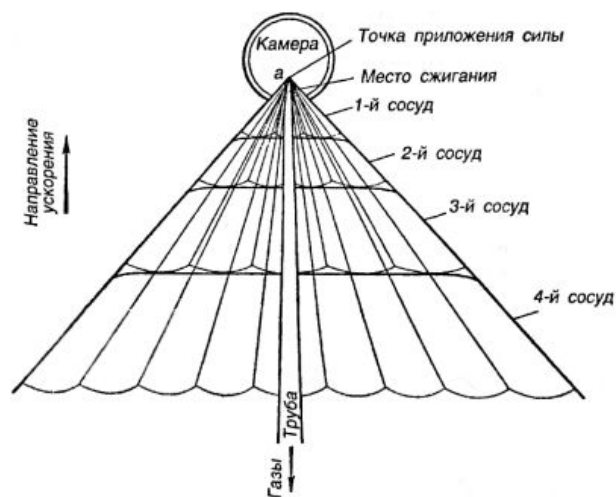


Рис. 4. Конструкція реактивного снаряду Кондратюка

В книзі «Завоювання міжпланетних просторів» (1929 р.) Ю.В. Кондратюк виклав послідовність перших етапів освоєння космічного простору.

Для досягнення поверхні космічних тіл, насамперед Місяця та Марса, Ю.В. Кондратюк запропонував спочатку виводити космічний корабель на орбіту штучного супутника обраного небесного тіла. Для висадки ж людини на поверхню небесного тіла та повернення її на космічний корабель запропоновано застосовувати злітно-посадковий модуль. Ю.В. Кондратюк розрахував оптимальну траєкторію польоту до Місяця, яка дістала назву «траєкторія Кондратюка». Ці революційні ідеї реалізовані NASA в програмі «Аполлон».

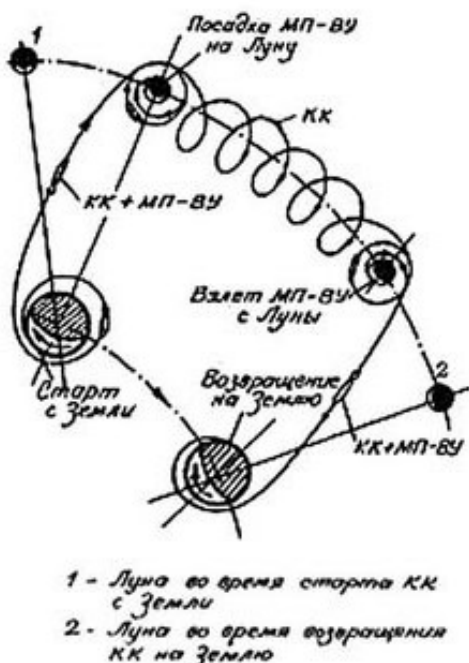


Рис. 5. Траєкторія польоту до Місяця Ю. Кондратюка

Оригінальною є пропозиція Ю.В. Кондратюка щодо використання гравітаційного поля небесних тіл для прискорення або гальмування космічних апаратів при польотах в Сонячній системі. Розглянуті також можливості використання сонячної енергії для живлення бортових систем космічних апаратів та розміщення на навколосеземній орбіті дзеркал для освітлення поверхні Землі.

Запропоновано використовувати для постачання супутників на навколосеземній орбіті «ракетно-артилерійські системи», що зараз реалізовано у вигляді транспортних вантажних кораблів «Прогрес». Досліджені також питання теплового захисту космічних апаратів при їх русі в атмосфері, розроблені конструкції крісел космонавтів.

Ю.В. Кондратюк розглядав навколосеземний та міжпланетний простір як поле мирної діяльності жителів Землі. Він вірив, що прийде час, коли земляни освоють космічне виробництво, території та природні багатства планет Сонячної системи створять новітні космічні технології.

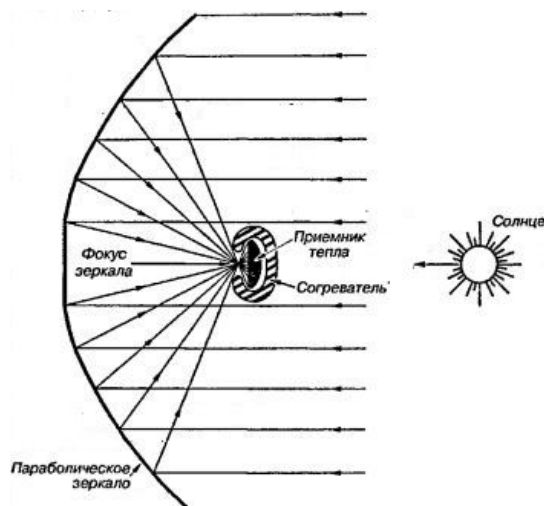


Рис. 6. Схема використання сонячної енергії міжпланетним апаратом Кондратюка

Багато ідей Ю.В. Кондратюка на даний час реалізовано в практичній космонавтиці, деякі чекають втілення.

Людство цінує внесок Ю.В. Кондратюка в світову науку. В багатьох містах України та ближнього зарубіжжя його іменем названі вулиці та площі, встановлені пам'ятники, відкриті музеї. Іменем Кондратюка названий кратер на зворотній стороні Місяця. У 2014 році Юрій Кондратюк був прийнятий в Галерею міжнародної космічної слави в місті Аламогордо (штат Нью-Мексико США).

У Флориді на космодромі встановлений пам'ятник, де серед імен вчених і астронавтів, причетних до польоту на Місяць, записане ім'я нашого славного земляка – Юрія Васильовича Кондратюка.

Ім'я Юрія Кондратюка з гордістю несе Полтавський національний технічний університет, примножуючи славні традиції в підготовці висококваліфікованих спеціалістів для України.



Рис. 7. Пам'ятник Юрію Кондратюку в Полтаві

Навігація

УДК 681.51

В.П. Дорогобід, С.В. Козелков, М.К. Бороздін

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

У статті проводиться аналіз використання системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України для підвищення точності визначення місцеположення рухомих об'єктів. Визначено, що система координатно-часового та навігаційного забезпечення України повинна забезпечувати таким вимогам, як доставка користувачам диференційної коригуючої інформації, її формування та формування навігаційної та аеронавігаційної інформації.

Ключові слова: супутникова навігаційна система, GPS, система автоматичного керування, система координатно-часового та навігаційного забезпечення України, ГНСС, диференційно корегуюча інформація, комплексна система навігації.

Вступ

Рішення проблеми підвищення точності визначення місцеположення рухомих об'єктів в Україні здійснюється за допомогою розробки та введення в експлуатацію диференціальних підсистем та засобів контролю цілісності навігаційного поля згідно Концепції створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКЧНЗУ), яка підготовлена НКАУ та погоджена з іншими міністерствами України.

Навігаційні супутникові системи «GPS», «ГЛОНАСС», «Galileo» в комплексі з наземними, космічними та бортовими функціональними доповненнями стають основними засобами навігації та управління, що підтверджується низкою рішень міжнародних та державних організацій, які відповідають за навігаційне забезпечення у відповідних країнах або на визначених територіях [5].

Тобто, під концепцією розвитку навігаційного забезпечення в цілому розуміють комплексний підхід до застосування систем зв'язку, навігації, спостереження та організації руху, що охоплює взаємопов'язаний перелік програмно-апаратних та технічних комплексів на основі супутникових та комп'ютеризованих засобів.

СКЧНЗУ створюється як наземне функціональне доповнення до глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС), і у цілому забезпечуватиме високу точність і надійність координатно-часових визначень і навігаційного забезпечення на її території.

У СКЧНЗУ виділяються три функціональні підсистеми[5].

До них відносяться:

– підсистема широкозонних диференціальних корекцій (ПШДК) – забезпечуватиме обробку кодових вимірів навігаційних сигналів, моніторинг ГНСС, формування і видачу користувачам в реальному масштабі часу (РМЧ) широкозонної диференційної коригуючої інформації (ДКІ). Робота ПШДК базується на інформації мережі контрольно-корегуючих станцій (ККС), що входять до складу центру контролю навігаційного поля (ЦКНП). Послуги ПШДК доступні на всій території України;

– підсистема регіональних диференціальних корекцій (ПРДК) – забезпечуватиме обробку кодових і фазових вимірів навігаційних сигналів, що реєструються ККС окремих РПКНП, і пов'язаних з ними регіональних мереж референціальних станцій, формування і видачу користувачам в РМЧ ДКІ на регіональному рівні;

– підсистема прецизійних післясеансних визначень (ПППВ) – забезпечуватиме надання користувачам геодезичних і навігаційних застосувань попередньо обробленої інформації будь-яких станцій СКЧНЗУ (ККС, референціальні станції (РС)), а також післясеансну обробку вимірювальної інформації користувачів. Послуги ПППВ надаватимуться користувачам за допомогою сервісних центрів (СЦ), що будуть розташовані у всіх обласних і великих районних центрах України.

Основна частина

Високі темпи розвитку в Україні систем мобільного зв'язку, супутникових телекомунікацій, зокрема, створюваної НКАУ в рамках 3(Н)КПУ супутникової розподільчої мережі інформаційного

забезпечення позитивно впливають на створення та експлуатацію СКЧНЗУ.

До окремої категорії користувачів відносяться українські і міжнародні наукові організації, державні і комерційні підприємства, що використовують у своїй діяльності «сиру» (неопрацьовану) вимірювальну інформацію станцій СКЧНЗУ. Послуга по наданню такої інформації буде здійснюватись у ПСР.

ПШДК функціонуватиме в РМЧ і забезпечить точність координатних визначень користувачів на всій території України на рівні 0.1—2 м в залежності від типу навігаційної апаратури користувача.

Реалізація ПШДК СКЧНЗУ потребує на першому етапі розгортання на території України до 12 ККС типу НИ068, в тому числі шляхом модернізації існуючих пунктів GPS - спостережень Державної мережі моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем (ДММ ГНСС), що забезпечить точність диференціальних навігаційних визначень на всій території України з використанням лише кодових спостережень ГНСС на рівні 0,5 — 2 м.

На другому етапі розгортання ПШДК кількість ККС в мережі буде збільшена до 57 станцій так, щоб відстані між ККС не перевищували 100 - 120 км, що дозволить разом із кодовими використовувати і фазові спостереження ГНСС для формування широкозонної ДКІ та підвищить точність навігаційних визначень до розрахункової.

У процесі функціонування ПШДК буде здійснюватися збір у РМЧ інформації в ЦКНП, аналіз її якості і формування широкозонних диференціальних коригувальних виправлень, які надаватимуться користувачам в узгоджених з європейськими диференціальними системами форматах.

Сформовані виправлення поширюватимуться користувачам з використанням:

GPRS (General Packed Radio Service),

GSM (Global Standard for Mobile Communication),

Internet,

УКВ FM-RDS7 –

в залежності від оснащення тієї чи іншої території, на якій буде знаходитись користувач.

ПРДК функціонуватиме в РМЧ і забезпечить точність координатних визначень користувачів на рівні 0,02 - 0.2 м.

Послуги підсистеми будуть локалізовані в межах регіонів, які обслуговуватимуться окремими РПКНП, Зони обслуговування окремих РПКНП, які перекриваються, забезпечать безперервність високоточного координатно-часового і навігаційного сервісу на всій території України.

У процесі функціонування підсистеми в РПКНП здійснюватиметься збір в РМЧ інформації

з референціальних станцій, розташованих у зоні її обслуговування, аналіз якості їх інформації і формування на принципах віртуальних референціальних станцій (VRS) диференційної коригувальної інформації.

Формати можуть змінюватись в інтересах забезпечення сумісності з європейськими диференціальними системами.

Сформовані виправлення поширюватимуться користувачам переважно з використанням GPRS (General Packed Radio Service).

Також доставка інформації може здійснюватись з використанням GSM і Internet.

Протоколи роботи РПКНП щодо наданих користувачам послуг буде передаватись в базу даних ЦКНП.

ПППВ функціонуватиме в автоматичному та запитному режимах і забезпечить точність координатних визначень користувачів на рівні 1 см.

В автоматичному режимі здійснюватиметься формування файлів «сирих» даних у форматі RINEX8 з дискретністю 1 с, 5 с, 30 с, які будуть розміщуватись на Web-сайтах ЦКНП і РПКНП.

До файлів з «сирою» інформацією, що має дискретність 30 с, буде забезпечено вільний доступ. Файли з дискретністю 1 і 5 с будуть доступні тільки авторизованим користувачам СКЧНЗУ: як окремим фізичним особам, так і сервісним центрам.

Сервісні центри ПППВ будуть з'єднані з РПКНП, а через них - із ЦКНП, що зробить доступною будь-яку інформацію, яка реєструватиметься всіма станціями СКЧНЗУ: як ККС, так і РС.

У запитному режимі по замовленням авторизованих користувачів буде здійснюватись аналіз і попередня обробка інформації будь-якої запитаної станції СКЧНЗУ, а також обробка вимірювальної інформації користувачів.

Для забезпечення прийому і використання сформованої СКЧНЗУ інформації апаратура користувачів повинна відповідати вимогам, які наведені в табл. 1.

Система координатно-часового та навігаційного забезпечення України буде взаємодіяти з існуючими на території України локальними і регіональними диференціальними доповненнями ГНСС, створюваними як державними установами так і комерційними організаціями.

Обмін інформацією буде здійснюватись або на підставі договорів про науково-технічне співробітництво, або на комерційній основі.

Для реалізації ПШДК і скороченню термінів її впровадження доцільно організувати взаємодію системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України із системами EGNOS і Galileo (ЕС).

Вимоги до апаратури користувачів функціональних підсистем СКЧНЗУ

ПШДК	ПППВ	ПРДК
Будь-який одно- або двох-частотний ГНСС-приймач, у якому передбачено введення ДКІ	1) Будь-який двох-частотний ГНСС-приймач геодезичного класу — для всієї зони дії РПКНП 2) Будь-який одно- або двох-частотний ГНСС-приймач, у якому передбачено введення ДКІ - для ближньої зони (у радіусі 10- 15 км) окремих ККС або РС	Будь-який одно- або двох-частотний приймач геодезичного класу
Зв'язковий термінал, і що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet чи радіомодем (приймач сигналів УКВ FM-RDS)	Зв'язковий термінал, що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet контролер, що забезпечує розкомпресування і розкодування даних	Зв'язковий термінал, що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet

Цього можна досягнути, якщо у відповідності з Угодою між Україною та ЄС щодо співробітництва у галузі створення системи Galileo частина українських ККС буде включена до складу наземного сегменту системи EGNOS (зараз інтегрована у програму Galileo).

Цього можна досягнути також шляхом хостингу EGNOS, коли у вказаних місцях будуть розміщені стандартні RIMS системи EGNOS з обслуговуванням силами і засобами підсистеми забезпечення експлуатації системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України.

Для реалізації ППВ, а також ПРДК у прикордонних з ЄС регіонах України з метою економії коштів на розміщення ККС та РС буде організована взаємодія з диференційними мережами країн-сусідів (Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія), які є учасникам програми EUPOS.

Враховуючи це, СКЧНЗУ буде взаємодіяти із системою EUPOS, обмінюючись інформацією через ЦКНП та/або окремі РПКНП, зони обслуговування яких межують або перетинаються з закордонними диференційними мережами.

У результаті розгортання системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України на всій території України буде досягнутий якісно новий рівень рішення транспортних і геодезичних завдань, підвищиться продуктивність і якість праці геодезичних підприємств.

Застосування диференційних супутникових технологій для транспорту дозволить:

- підвищити безпеку навігації транспортних засобів за рахунок проведення моніторингу цілісності навігаційного поля ГНСС;

- підвищити безпеку навігації суден в умовах шельфу, у вузьких місцях і в портах, особливо в умовах поганої видимості;

- скоротити витрати на проведення ремонтних робіт, збільшити термія служби транспортних засобів;

- забезпечити зниження страхових внесків;
- підвищити оперативність і надійність аналізу дорожньо- транспортних випадків;
- забезпечити високу точність прив'язки результатів проведення гідрологічних робіт;
- підвищити якісні показники послуг логістики за рахунок введення нових технологій.

Також буде забезпечене зниження вартості робіт, що забезпечують безперебійне функціонування транспорту. До них належать:

- будівництво та ремонт автомобільних доріг, залізниць і мостів, транспортних розв'язок (насамперед у рамках проектів створення Міжнародних транспортних коридорів (МТК) і Євразійського транспортного коридору (TRACESA));
- будівництво та ремонт аеродромних комплексів, злітно-посадочних смуг;
- будівництво та ремонт портових споруд;
- створення електронних карт та інші.

Застосування диференційних супутникових технологій знижує вартість топографо-геодезичних робіт приблизно на порядок, що забезпечить більшу економію коштів, які виділяються для проведення будівельних робіт. Важливою складовою під час розгортання та введення в експлуатацію системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України є вдосконалення оперативного контролю навігаційного забезпечення споживачів з

урахуванням визначених варіантів (режимів) її роботи за умов активної протидії противника. Головним елементом даної системи стає РПКНП, що створюється на базі ККС та мережі РС, тому дослідження ефективності функціонування РПКНП щодо забезпечення потрібного рівня навігаційно-часових послуг, цілісності навігаційного поля ГНСС та достовірності ДКЗ є актуальним завданням, яке, в свою чергу, включає розробку напрямків (заходів) щодо підтримки заданого рівня.

Висновки

1. Система координатно-часового та навігаційного забезпечення України призначена для забезпечення всіх видів транспорту, науково-дослідницьких організацій навігаційно-часовою інформацією, яка доповнює або (і) коригує навігаційні параметри (НП) існуючих КНС (GPS/ГЛОНАСС/Galileo).

2. Слід мати на увазі, що СКЧНЗУ не забезпечує і не повинна забезпечувати глобального покриття всієї Земної кулі.

СКЧНЗУ повинна забезпечувати:

- доставку користувачам диференційної коригуючої інформації (ДКІ), сформованої за допомогою наземного сегмента системи;
- формування ДКІ і доставку нею користувачам біля ККС, розташованих в регіональних пунктах контролю навігаційного поля (РПКНП);
- формування аеронавігаційної інформації та забезпечення нею користувачів повітряного простору України, у тому числі і при використанні категорійної посадки літаків в аеропортах;
- формування навігаційної інформації та забезпечення нею кораблів в Азовсько-Чорноморському басейні за допомогою морської диференційної підсистеми на базі морських радіомаяків.

3. Для користувачів СКЧНЗУ є поліпшеною системою подвійного призначення. Вона може бути відкритою для всіх користувачів в звичайний час, а в особливий період повинна функціонувати

виключно в інтересах національної безпеки і оборони України. При цьому СКЧНЗУ повинна забезпечувати вірогідність інформації, що передається користувачам, і їх оперативне сповіщення про вихід параметрів НП існуючих КНС (GPS/ГЛОНАСС/Galileo) за межі встановлених допусків і про свій власний стан експлуатаційної готовності, а також забезпечувати надійність функціонування апаратури користувачів в умовах завадової обстановки особливого періоду.

Список літератури

1. *Науково-технічний звіт (проміжний) «Аналіз побудови сучасних космічних систем ДЗЗ, навігації та зв'язку в інтересах безпеки та оборони провідних країн світу»*. К: ДП ЦНДІ НіУ. – 2008. – 120 с.
2. *Науково-технічний звіт (проміжний) «Дослідження ефективності використання космічних систем ДЗЗ, навігації та зв'язку в інтересах ЗС України»*. – К: ДП ЦНДІ НіУ, 2011. – 125 с.
3. *Дорогобід В. П. Використання комплексної системи навігації в системах автоматизованого управління рухом // Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 5 листопада, 2015 р. / ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка.*
4. *Козелков С. В. Перспективи використання космічних систем дистанційного зондування Землі для вирішення завдань військового призначення / С.В. Козелков, Д.П. Пашков // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – Вип. 4. – С. 133-137.*
5. *Пермяков О.Ю. Особливості створення та застосування наземних функціональних доповнень глобальної навігаційної супутникової системи на території України / О.Ю. Пермяков, О.В. Лаврінчук, Р.М. Залужний // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 2(20). – С. 53-58.*

Надійшла до редколегії 22.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОГО И НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УКРАИНЫ

В.П. Дорогобид, С.В. Козелков, Н.К. Бороздин

В статье проводится анализ использования системы координатно-временного и навигационного обеспечения Украины для повышения точности определения местоположения подвижных объектов.

Ключевые слова: спутниковая навигационная система, GPS, система автоматического управления, система координатно-часового обеспечения и навигации Украины дифференциально корректирующая информация, комплексная навигационная система.

IMPROVING THE ACCURACY OF THE LOCATION FOR A MOVING OBJECT BY USING A SYSTEM OF COORDINATE-TIME AND NAVIGATION SUPPORT OF UKRAINE

V.P. Dorohobid, S.V. Kozelkov, M.K. Borozdin

The article analyzes the use of a system of coordinate-time and navigation support of Ukraine to improve the accuracy of location of mobile objects.

Keywords: satellite navigation systems, GPS, automatic control system, system of coordinate-time and navigation support of Ukraine, GNSS, differential correction, integrated navigation systems.

Питання управління в складних системах

УДК 664.655.1

В.В. Борщ, О.Б. Борщ, О.В. Шульга

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Запропонована оригінальна методика керування дозою ультрафіолетового знезараження потоку води автоматизованою системою частотно-регульованого електропривода.

Ключові слова: *доза ультрафіолетового знезараження, потік води, автоматизована система керування, електропривод, енергозбереження.*

Вступ

Постановка проблеми. Забезпечення водою населення та підприємств харчової промисловості з використанням традиційної схеми двоступеневого хлорування або методу озонування не дозволяє досягти сучасних мікробіологічних і хлорорганічних нормативів [1, 2]. Використання інноваційних технологій знезараження питної води, зокрема з застосуванням ультрафіолетової технології, сприяють розв'язанню актуальних задач, які поставлені до систем водопостачання.

Знезараження питної води за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення є екологічно чистим, безпечним та надійним методом, дозволяє знищувати патогенну мікрофлору води без зміни її хімічного складу визначає широке його застосування в умовах підвищення вимог до якості води [1 – 9]. Окрім того, ця методика знезараження повністю сумісна з іншими методами підготовки води.

Однак, застосування методик тотального знищення всіх бактерій у воді [2, 5] призводить до невиправдано завищених затрат електричної енергії. Питання енергоощадного керування знезаражуючою дозою УФ опромінення, яка суттєво залежить від прозорості води та типу мікроорганізмів, на даний час практично відкрите [9].

Таким чином, вдосконалення пристроїв УФ знезараження води, що здатні контролювати дозу опромінення при відомій бактеріальній флорі та енергоощадно керувати нею є актуальною задачею водопостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При відомій бактеріальній флорі та вимогам до якості води, оптимізація дози опромінення є актуальним питанням як з точки зору надійності знезараження води, так і енергоощадності. Знезараження води УФ випромінюванням здійснюється на довжині хвилі випромінювання, рівній 253,7 нм при дозі опромінення, що забезпечує загибель найбільш стійких мікроор-

ганізмів [1, 2], з коефіцієнтом запасу від кількох одиниць до сотні. Питання практичного підвищення ефективності бактерицидного знезараження води розглянуте в роботах [4, 5] та патентах [7 – 9], де описані оригінальні установки УФ знезараження води. Пристрій, описаний в роботі [6] призначений для тотального знищення бактерій і не передбачає регулювання швидкістю потоку води, що призводить до невиправдано завищених затрат електроенергії. Система знезараження води, захищена патентом [7], має цю можливість, однак не забезпечує її енергоощадності в широкому інтервалі швидкостей потоку води. Частково цього недоліку позбавлені установка, описана в роботі [4] та захищена патентом [8].

Значним недоліком наведених установок є відсутність можливості досягнення енергоощадного режиму їх роботи при умові ефективного знезараження води в широкому діапазоні доз УФ опромінення. Для суттєвого розширення меж енергоощадного керування дозою УФ опромінення авторами роботи [5] розроблена та захищена патентом [9] чотирьохсекційна установка УФ знезараження води.

Мета статті: кількісно оцінити вплив різних факторів на процес енергоощадного багатоступеневого керування дозою УФ знезараження потоку води шляхом впровадження автоматизованої системи керування частотно-регульованим електроприводом.

Виклад основного матеріалу

Основними факторами, що впливають на дозу УФ опромінення води є потужність джерела випромінювання, час опромінення та прозорість води.

Як відомо, при заданій постійній потужності джерела УФ випромінювання реактора доза опромінення води в реакторі визначається швидкістю потоку води, що проходить через активну зону опромінення. Для розширення діапазону енергоощадного режиму роботи електропривода [10] установки знезараження води при відомій її бактеріальній флорі та контрольованій прозорості авторами даної роботи

запропонована чотирьохкамерна вихрова установка, що дозволяє керувати дозою опромінення води шляхом плавної зміни швидкості її потоку завдяки автоматичному керуванню швидкістю обертання ротора циркуляційного насоса та автоматичним включенням в разі потреби додаткової кількості знезаражуючих камер, зберігаючи при цьому енергоощадний режим [5, 9].

Розроблена авторами конструкція автоматизованої вихрової установки знезараження води УФ випромінюванням дає можливість суттєво підвищити ефективність знезараження води та відносно мутних розчинів. Рівномірне опромінення всього об'єму потоку рідини забезпечується її змішуванням за допомогою пасивного вихроутворювача, розміщеного в камері, що утворена двома коаксіальними циліндрами. Використання кварцової трубки в якості внутрішнього циліндра забезпечує пропускання

УФ випромінювання. Зовнішня поверхня камери виготовлена з харчової нержавіючої сталі.

Енергоощадна установка для знезараження води УФ випромінюванням, що показана на рисунку, містить подавальний трубопровід (1), циркуляційний насос (2), систему керування перетворювача частоти (3) для живлення двигуна циркуляційного насоса. Крани включення секцій (4) призначені для підключення камер знезараження *a*, *b*, *c* та *d*, трубчаті бактерицидні лампи УФ випромінювання (5), розташовані в центрі кожної циліндричної камери (6) співвісна з нею, (7) – подаючий та зворотній трубопроводи системи водопостачання, (8) – електромагнітний витратомір, (9) – блок контролю стану ламп та сенсора УФ (блок керування); (10) – блок живлення, (11) – датчик контролю інтенсивності УФ випромінювання, (12) – внутрішні кварцові корпуси камер знезараження, (13) – пасивний вихроутворювач.

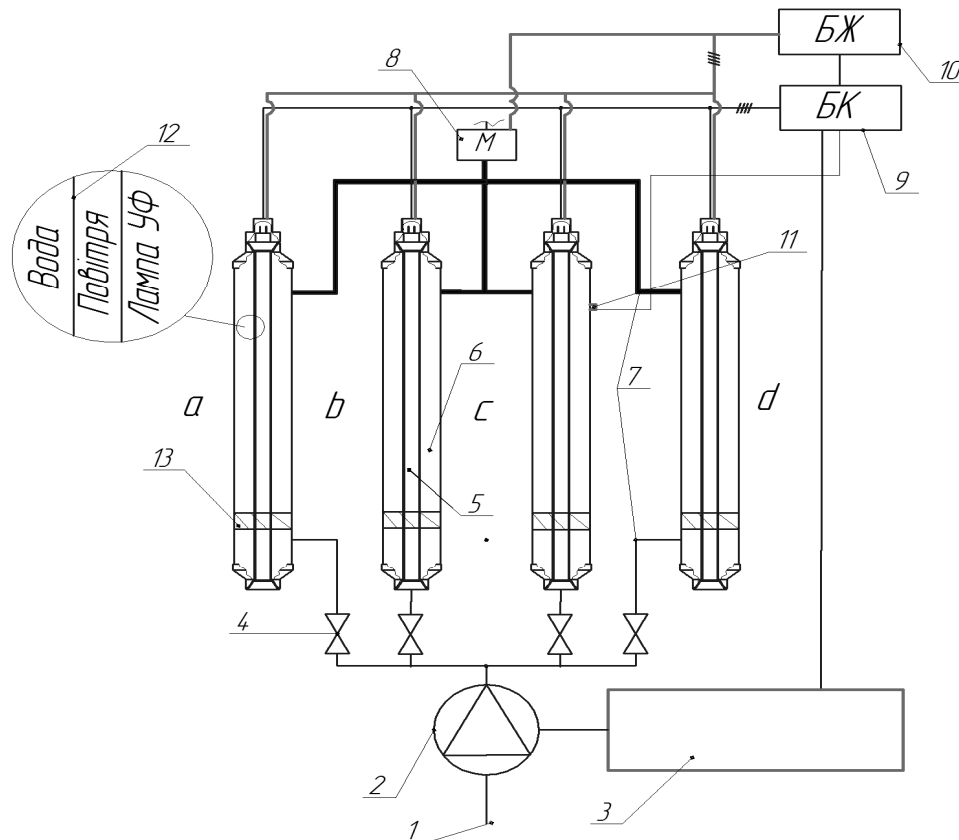


Рис. 1. Схема енергоощадної установки для знезараження води УФ випромінюванням

Частотно-регульований електропривод містить: випрямляч, інвертор, асинхронний електродвигун в комплекті з насосом (2), систему керування перетворювача частоти (3), блок керування (9).

Принцип енергоощадної роботи даної установки полягає в наступному. Для відцентрового насоса (2), що приводиться в рух асинхронним електродвигуном, існує певна номінальна частота обертання ротора, при якій ККД насоса максимальний. Збільшення дози опромінення передбачає зменшення швидкості потоку води, що здійснюється за рахунок

зниження швидкості обертання ротора насоса (та навпаки), проте ККД при цьому зменшується. Для збереження високого ККД та забезпечення оптимальної дози знезараження, відбувається зменшення швидкості потоку води шляхом автоматичного паралельного підключення двох, трьох або всіх камер.

При проходженні води через камеру знезараження датчик контролю інтенсивності УФ випромінювання (11) вимірює інтенсивність УФ опромінення, блок контролю (9) у відповідності до сигналу цього датчика визначає швидкість обертання валу

циркуляційного насосу. Якщо коефіцієнт поглинання води зростає за рахунок забруднення, то швидкість потоку води автоматично зменшується завдяки зменшенню швидкості обертання валу циркуляційного насосу зменшується. При цьому блок керування та система керування перетворювачем частоти (3) видає сигнал для відкриття додаткової камери (*b*), що зменшує швидкість потоку води та відповідно збільшує дозу опромінення, забезпечуючи при цьому максимальний ККД електроприводу при оптимальній швидкості обертання валу циркуляційного насосу. Енергоощадність забезпечується чотирма режимами роботи даної установки:

- вода протікає через одну камеру (*a*) при певній швидкості v_1 ;
- вода протікає паралельно через дві камери (*a* та *b*) при певній швидкості v_2 ;
- вода протікає паралельно через три камери (*a*, *b*, *c*) зі швидкістю v_3 ;
- вода протікає через усі 4 камери (*a*, *b*, *c*, *d*) зі швидкістю v_4 .

Причому виконується умова: $v_1 > v_2 > v_3 > v_4$, що забезпечує збільшення дози опромінення.

Як бачимо, дози опромінення води досягається шляхом чотириступеневої зміни швидкості потоку води завдяки автоматичному «включенню-виключенню» необхідної кількості камер знезараження. При цьому система керування перетворювача частоти електропривода визначає енергоощадний режим його роботи, забезпечуючи високу надійність знезараження. Контроль інтенсивності бактерицидного випромінювання ламп та коефіцієнт поглинання води здійснюється за допомогою УФ фотодіода, покритого інтерференційним фільтром (максимум пропускання припадає на довжину хвилі 253,7 нм, напівширина лінії пропускання 10 – 15 нм), що підвищує вибірковість системи автоматичного керування.

Рівномірне опромінення всього об'єму рідини забезпечується її змішуванням за допомогою пасивних вихроутворювачів (13), розміщених у кожній камері знезараження.

Висновки

1. Факторами, що впливають на дозу опромінення води є потужність джерела УФ випромінювання, час опромінення та прозорість води.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

В.В. Борщ, Е.Б. Борщ, А.В. Шульга

Предложена оригинальная методика управления дозой ультрафиолетового обеззараживания потока жидкости автоматизированной системой частотно-регулируемого электропривода.

Ключевые слова: доза ультрафиолетового обеззараживания, поток жидкости, автоматизированная система управления, электропривод, энергосбережение.

AUTOMATED PROCESS CONTROL OF DISINFESTATION OF WATER

V.V. Borsch, O.B. Borshch, O.V. Shulga

An original method of controlling the dose of ultraviolet disinfection of water flow automation system variable frequency drives.

Keywords: dose of ultraviolet disinfections, stream of water, CAS of management, electro mechanic, energy-savings.

2. Розроблена та реалізована система керування частотно-регульованим електроприводом дає можливість проводити знезараження води за обраною програмою при відомій бактеріальній флорі та автоматично контролювати й регулювати дозу УФ випромінювання.

3. Чотирьохкамерна вихрова установка дозволяє керувати дозою опромінення води в широких межах, забезпечуючи енергоощадний режим її роботи.

Список літератури

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. ИНФРА-М, 2009. – 159 с.
2. Бельский С.М. и др. Технология обработки и розлива минеральных вод. Агропромиздат, 1990. – 151 с.
3. ДСТУ 4808-2007 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання”. – К.: Знання, 2008. – 75 с.
4. Борщ В.В., Борщ О.Б., Шульга О.В. Автоматизована вихрова установка знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням. Тези 63-ї наукової конференції. Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 32.
5. Власенко О.І., Борщ В.В., Борщ О.Б., Бенда С.І., Шульга О.В. Энергозберігаючий автоматизований електропривод установки ультрафіолетового знезараження води // IV Всеукраїнської НПК «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», 8 – 9 грудня 2011 року – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 81-83.
6. Деклараційний патент України № 7835 дата публ. 15.07.2005. Тимченко А.С., Бондар В.В., Сергута С.Ю. “Пристрій для знезараження рідини”. Інст. Гематології АМН.
7. Патент України № 27058 дата публ. 10.10.2007 Колотило В.Д., Кобилянський В.Я., Паболков В.В., Максимова О.Е., Чорний А.П. “Система знезараження питної води ультрафіолетовим опроміненням”.
8. Патент України № 57812 дата публ. 10.03.2011. Безденежних І.Б., Безденежних Л.А., Глушко Н.Ю. “Установка для знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням”.
9. Патент України № 104519 дата публ. 10.02.2016. Власенко О.І., Велещук В.П., Власенко З.К., Киселюк М.П., Борщ В.В., Борщ О.Б., Шульга О.В., Пугач М.В., Нелюба Д.М., Даулетмуратов Б. Энергозберігальна установка для знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням.
10. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Энергобереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К: Кондор, 2005. – 408 с.

Надійшла до редколегії 22.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

УДК 621.3

В.М. Галай

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА ІЗ ПОКРАЩЕНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Розглянуто моделювання електроприводу пасажирського ліфта з характеристиками використання перетворювача частоти та S-подібного профілю плавного пуску та гальмування асинхронного двигуна.

Ключові слова: система управління, модернізація електроприводу, перетворювач частоти, плавний пуск, плавне гальмування, S-профіль.

Вступ

У зв'язку з дедалі більшим розвитком і ускладненням технологічних процесів, з одного боку, і з доступністю сучасної перетворювальної техніки – з іншого, існує необхідність у розробці нових і вдосконаленні вже наявних методів і алгоритмів управління промисловими механізмами з метою економії електроенергії та збільшення терміну їх служби.

Механізми, що піддаються частим включенням і відключенням, найбільш схильні до зносу металевих конструкцій саме під час пуску та гальмування. В технологічних процесах, де найбільш важлива плавність розгону і гальмування (пасажирські ліфти), лінійні профілі не забезпечують бажаного комфорту і не дозволяють оптимізувати використання ресурсів механічних конструкцій. Для мінімізації таких небажаних впливів на конструкції механізмів описаних вище типів, ставиться завдання модернізації, що забезпечить найбільш плавні, в порівнянні з прямим включенням або лінійним профілем, розгін і гальмування виконавчих органів електроприводу ліфту.

Основна частина

Використання в електромеханічній системі ліфта практично безінерційного ТП дозволяє найбільш точно відрегулювати необхідний закон руху перехідного процесу в часі. Заміна обертових механізмів статичним перетворювачем зменшує шум, спрощує і зменшує витрати на ремонт і обслуговування. До переваг системи ТП-Д слід віднести також і великий коефіцієнт підсилення, тобто малий сигнал управління. У зв'язку з цим, упровадження новітніх енергозберігаючих технологій при модернізації ліфтового обладнання стає вкрай актуальним завданням. Систематичний аналіз інформації будівельних, монтажних і проектних організацій дозволяє зробити висновок, що в якості базисної програми з енергозбереження на ліфтах, необхідно розглядати впровадження частотно-регульованих електропри-

водів. Застосування частотно-регульованого електроприводу підйомного пристрою (лебідки) ліфта значно підвищує комфортність під час руху кабіни, забезпечує безшумність і високу точність зупинки, збільшує довговічність механічного обладнання, а також дозволяє знизити витрату електроенергії на 40-60% за рахунок отримання плавних перехідних процесів, а також знижує експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання, за рахунок значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичних ланцюгів.

Зниження споживання електроенергії досягається завдяки значному (в 5-6 разів) зменшенню обертових махових мас лебідки, що виключає непродуктивні втрати в перехідних пуско-гальмівних режимах: плавні перехідні процеси дозволяють знизити динамічні навантаження в елементах кінематичних ланцюгів приводу ліфта, що призводить до збільшення терміну служби редуктора головного приводу, канатоведучого шківів, гальмівних колодок, електродвигуна, тягових канатів, елементів підвіски противаги.

Основна особливість при регулюванні АД полягає в тому, що необхідно змінювати напругу U на статорі, як в функції моменту статичних M_c опорів, так і відповідно до зміни частоти. Отже, при скалярному методі управління залежність напруги живлення від частоти визначається характером навантаження на валу електричного двигуна. При цьому для постійного моменту навантаження завжди підтримується відношення $U / f = \text{const}$, і, по суті, забезпечується сталість максимального моменту двигуна.

Застосування перетворювача частоти (ПЧ), що підключається до високошвидкісної обмотки двигуна, забезпечує переміщення кабіни ліфта з підвищеною (робочою) і зниженою (дотягування) швидкостями, а також зі швидкістю ревізії. Рух здійснюється з плавними пусками і гальмуваннями при обмежених поштовхах та прискореннях і високому рівні комфорту проїзду в кабіні ліфта [2].

Для забезпечення плавності руху механізмів електроприводу ліфта та комфортності пасажиріву якості форми розгону доцільно використовувати S-подібний профіль (рис. 1, 2).

Застосування S-подібних кривих дозволяє вибрати механічні проміжки, усунути удари і обмежити розбіжність швидкості із завданням під час швидких перехідних процесів у разі великого моменту інерції. За S-подібними профілями відбувається поступова зміна вихідної частоти у відповідності з її необхідним рівнем і швидкістю зміни. S-подібні профілі розгону та гальмування складаються з двох ділянок із рівноприскореним характером, а між ними – ділянка з прямолінійним характером. Перша ділянка будується у відповідності з параболічним

законом, ділянки прямолінійного характеру – у відповідності з лінійним законом (рис. 1, де $f_{зад}$ – необхідна, f_0 – початкова; прискорення обертання валу двигуна (Гц/с): $\alpha_{зад}$ – необхідне, α_0 – початкове; тривалість розгону (с): $t_{розг}$ – загальна, $t_{1розг}$ – першої ділянки, $t_{2розг}$ – лінійної ділянки, $t_{3розг}$ – третьої ділянки; рис. 2, де $t_{гальм}$ – загальна, $t_{1гальм}$ – першої ділянки, $t_{2гальм}$ – лінійної ділянки, $t_{3гальм}$ – третьої ділянки).

На етапі дослідження плавного пуску та гальмування було проведено імітаційне моделювання роботи електроприводу пасажирського ліфта, згідно з [3].

Модель ЕП складається з наступних блоків: АД з короткозамкненим ротором, інвертора, системи управління та формування частоти за S-подібним профілем (рис. 3).

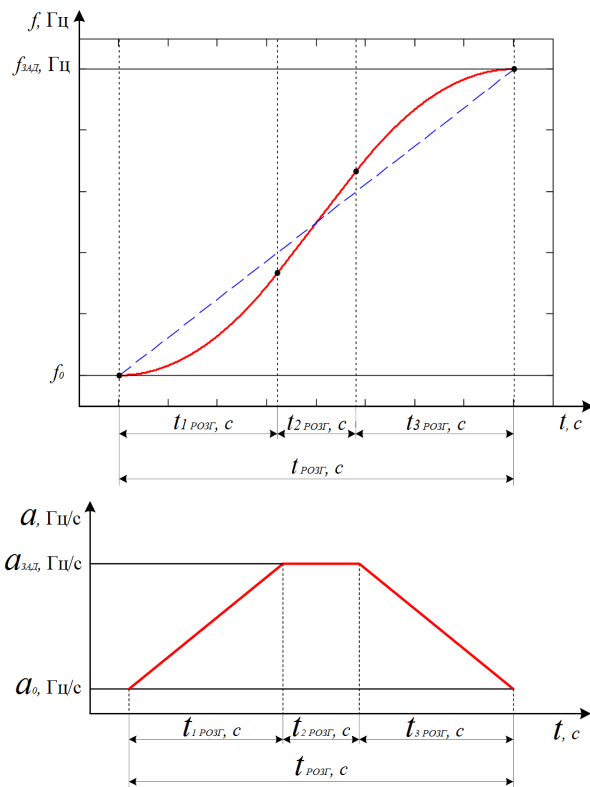


Рис. 1. Загальний вигляд профілю частоти (знизу) розгону; частоти обертання валу двигуна (Гц):

Блок формування частоти забезпечує необхідну частоту обертання вала ротора АД за S-подібними профілями: профіль розгону – з 0 до 50 Гц за 2 с та профіль гальмування – з 50 до 5 Гц (уповільнення) за 2 с, з 5 Гц до 0 за 1,5 с (рис. 4).

АД з короткозамкненим ротором потужністю 7,5 кВт був обраний на основі проведених розрахунків, виходячи з передбачуваного навантаження (маси кабіни ліфта з пасажирами). Перетворювач частоти, в залежності від сигналу управління формує необхідну частоту і амплітуду напруги живлення. В процесі проведення імітаційного моделювання були отримані криві перехідних процесів, що протікають в АД (рис. 6). Достатня плавність кривої електромагніт-

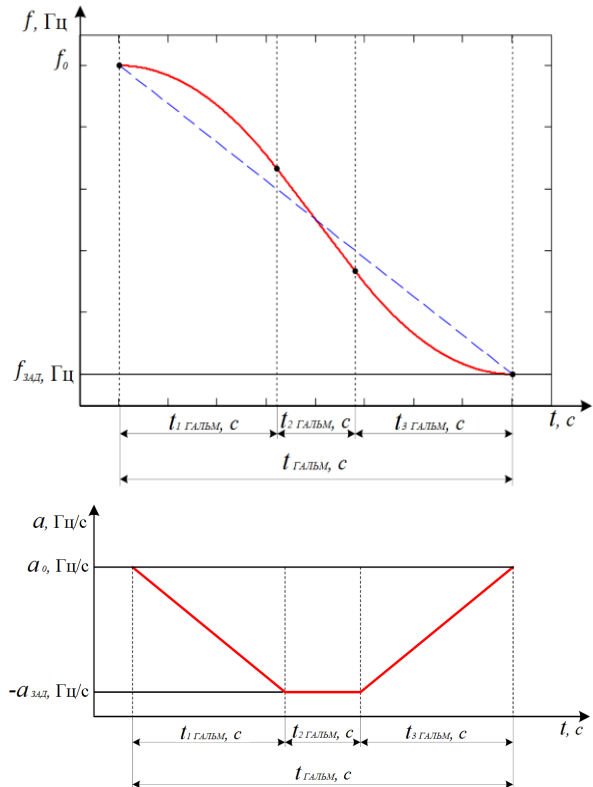


Рис. 2. Загальний вигляд профілю частоти (знизу) гальмування; тривалість гальмування (с):

ного моменту АД свідчить про плавність процесів електродвигуна. Для порівняння на рис. 7 зображено криві перехідних процесів АД без використання ПЧ.

Представлені методи забезпечення плавного пуску та гальмування асинхронного двигуна були використані при роботі з ПЧ ATV58HD12N4 виробництва Schneider Electric пасажирського ліфта. При роботі у складі програмного забезпечення ПЧ у процесах плавного пуску та гальмування відбулося покращення характеристик процесів асинхронного електроприводу пасажирського ліфта. Перехідний процес за частотою обертання вала ротора АД, як при пуску, так і при гальмуванні, має S-подібну форму, подібну з формою заданої частоти, вказаний на рис. 5.

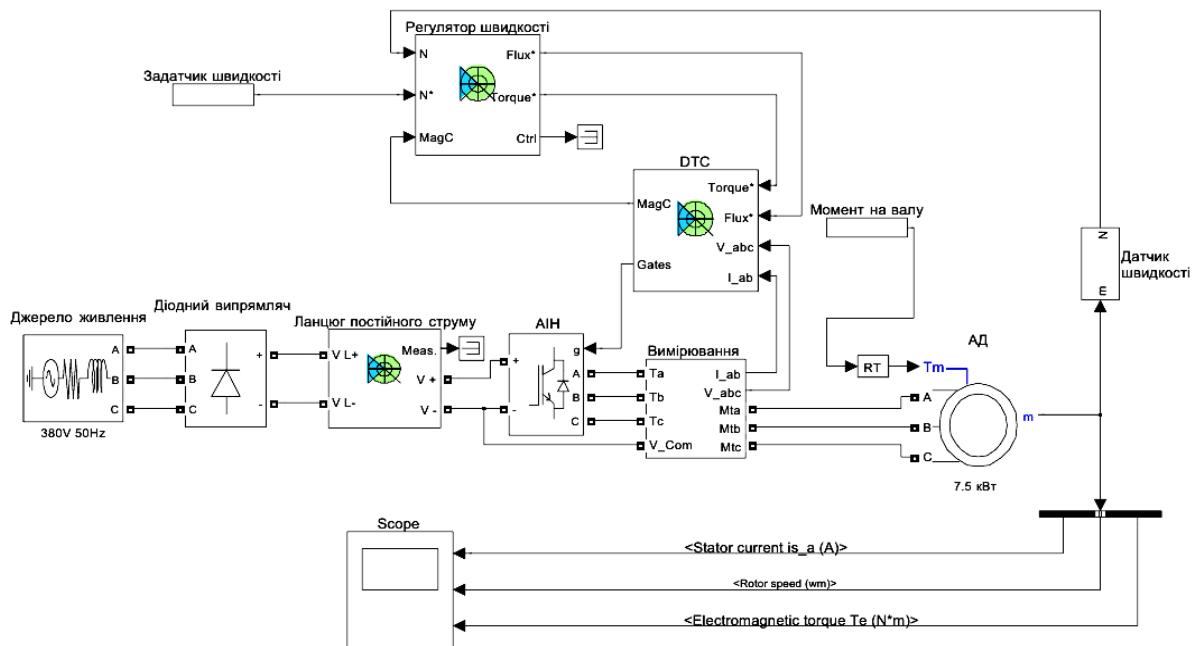


Рис. 3. Модель електропривода пасажирського ліфта в середовищі MatlabSimulink

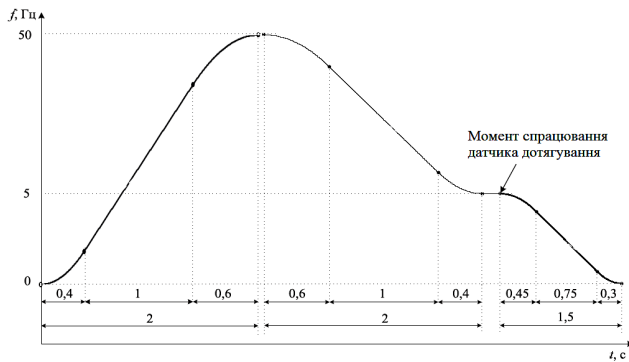


Рис. 4. Профіль частоти пуску та гальмування приводу ліфта за S-подібним профілем

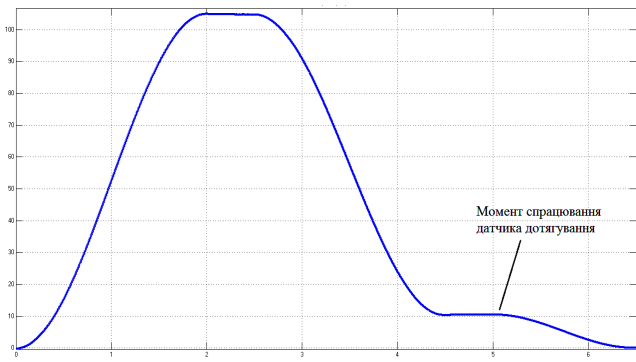


Рис. 5. Частота обертання вала ротора АД при пуску та гальмуванні (результат моделювання)

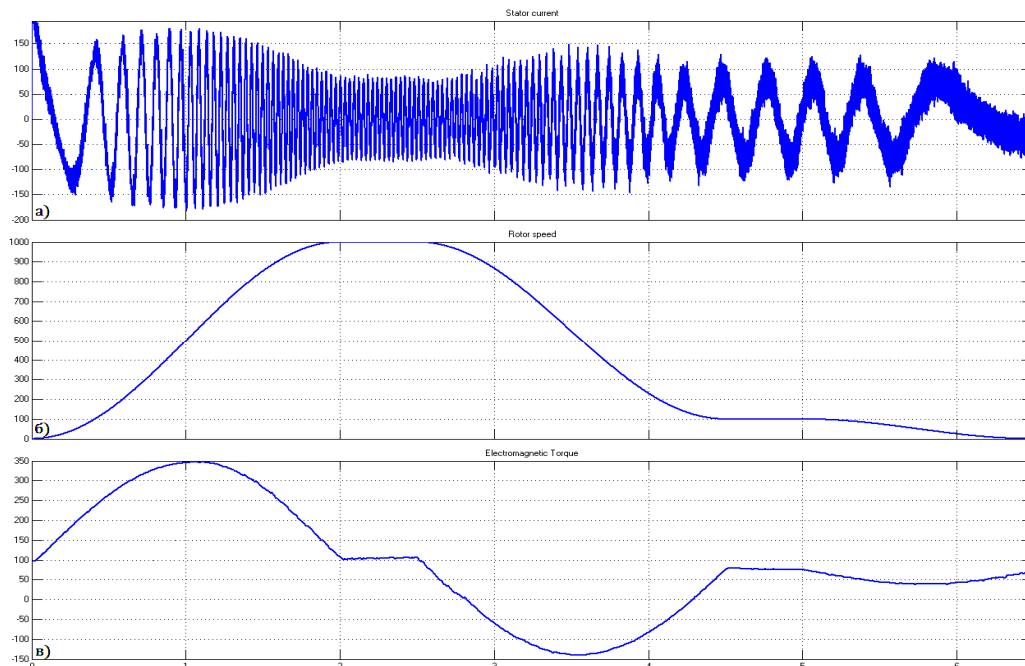


Рис. 6. Криві перехідних характеристик АД із використанням ПЧ: а – струм фази А, А; б – частота обертання вала ротора, об/хв; в – електромагнітний момент, Н·м

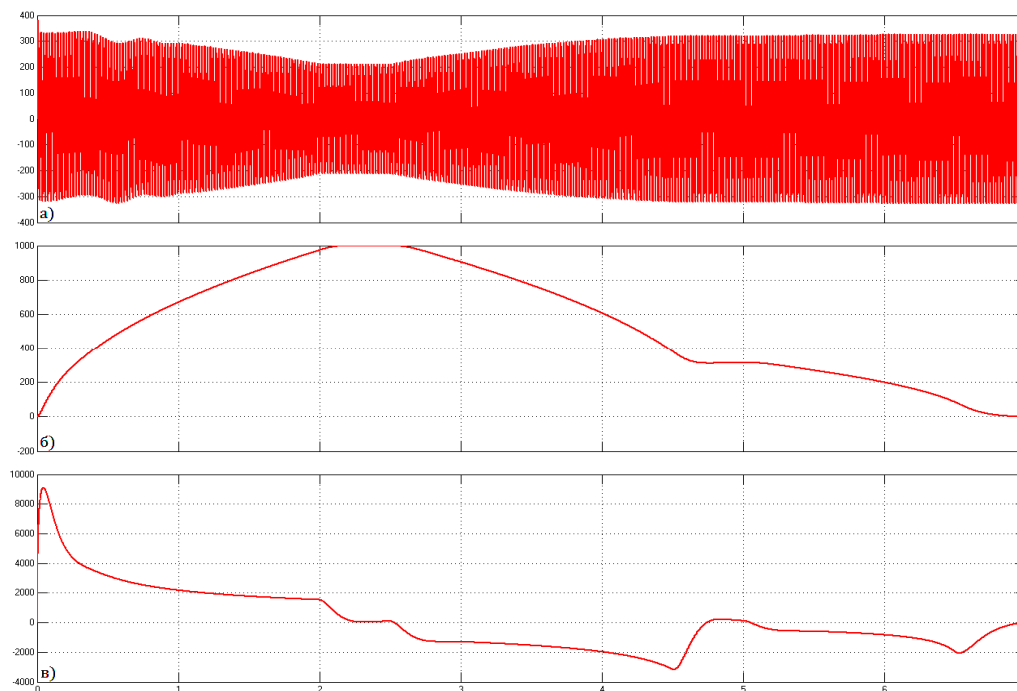


Рис. 7. Криві перехідних характеристик АД без використання ПЧ:
а – струм фази А, А; б – частота обертання вала ротора, об/хв;
в – електромагнітний момент, Н·м

Висновки

У ході проведених досліджень були отримані результати, що підтверджують покращення плавності ходу електроприводу ліфту, а, тим самим, і кабіни з пасажирами. У кривій частоти обертання вала АД (рис. 5) відсутні пульсації, зломи та розриви.

Загальний характер частоти обертання вала АД має S-подібну форму, що свідчить про покращення динамічних показників роботи електроприводу ліфту, до якого входить перетворювач частоти ATV58HD12N4 фірми Schneider Electric для живлення асинхронних двигунів потужністю 7,5 кВт.

Список літератури

1. Симаков Г.М. Процессы пуска и торможения асинхронного электропривода с частотным управлением

при вентиляторной нагрузке / Г.М. Симаков, М.А. Марченко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – №2. – С. 383-387.

2. Руководство пользователя «Altivar 58 Lift Telemechanique» Schneider Electric, 2004 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/694-altivar-58>.

3. Краснов И.Ю. Обеспечение плавного разгона и торможения промышленных механизмов / И.Ю. Краснов, Н.В. Гусев, С.В. Ланграф / Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т.319. №4. – С. 122-127.

Надійшла до редакції 6.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА С УЛУЧШЕННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В.Н. Галай

В статье рассмотрены моделирование электропривода пассажирского лифта с характеристиками использования преобразователя частоты и S-образного профиля плавного пуска и торможения асинхронного двигателя.

Ключевые слова: система управления, модернизация электропривода, преобразователь частоты, плавный пуск, плавное торможение, S-профиль.

RESEARCH DESIGN AND MANAGEMENT OF ELECTRIC PASSENGER ELEVATORS WITH IMPROVED DYNAMIC CHARACTERISTICS

V.M. Galai

The article deals with the simulation of electric passenger elevator with the characteristics of the use of the frequency converter and the S-shaped profile of smooth start and braking of the induction motor.

Keywords: control system, modernization of the electric drive, frequency converter, soft-start, soft braking, S-profile.

УДК 538.69.331.45

В.Г. Здановський¹, В.В. Коваленко², В.А. Глива²¹ Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, Київ² Національний авіаційний університет, Київ

КРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВИРОБНИЧІ СЕРЕДОВИЩА

Для розроблення і впровадження заходів з підвищення електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності технічних засобів необхідна алгоритмізація процесу визначення критичних джерел електромагнітних полів. Це дозволить прискорити виконання таких робіт та знизити їх вартість. Особливо це важливо для виявлення усіх джерел електромагнітних впливів на об'єктах критичної інфраструктури, де електромагнітна безпека та електромагнітна сумісність обладнання є двоєдиною задачею.

Ключові слова: електромагнітна безпека, електромагнітна сумісність, критерій, екранування.

Вступ

Попереднє оцінювання можливих впливів на електромагнітну обстановку у виробничих приміщеннях є важливим аспектом якості контролю рівнів електромагнітних полів джерел з різними амплітудно-частотними характеристиками та розроблення адекватних заходів з її нормалізації. Однак і досі не існує чітких критеріїв щодо вибору обладнання та методик вимірювання, які можуть гарантувати коректність прийнятих рішень, не залишивши поза увагою істотні чинники впливу на електромагнітну обстановку. В той же час загальною тенденцією є суворе нормування заходів з контролю стану об'єктів критичної інфраструктури та стратегічних об'єктів. У галузі електромагнітної безпеки це як безпека людей, так і електромагнітна сумісність електричного та електронного обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як в Україні, так і в усьому світі методичним питанням з цієї проблематики приділяється багато уваги [1,2]. Але, в основному, це або чисто метрологічний аспект, або визначення критеріїв електромагнітного навантаження у одному діапазоні. Наприклад, оцінюється внесок магнітних полів гармонік промислової частоти за кількістю електроспоживачів з нелінійними вольт-амперними характеристиками [3]. При цьому поза увагою залишаються джерела високочастотних впливів. Для України це питання особливо актуальне. Так, у галузі цивільної авіації досі використовуються методичні вказівки з визначення рівнів електромагнітного поля засобів керування повітряним рухом [4], які застаріли через зміну парку обладнання, що проаналізовано у дослідженні [5]. Аналогічна проблема існує і у галузі управління судноплавством, особливо у морських та річкових портах.

Важливість задач підсилюється необхідністю додержання вимог з електромагнітної сумісності технічних засобів, наприклад, [6,7], які з 2016 р. є чинними в Україні. При цьому слід враховувати, що існують певні суперечності вимог нормативів з елект-

ромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності [8]. Таким чином, нагальна потреба полягає у розробленні науково обґрунтованих та практично значущих критеріїв, за якими треба визначати електромагнітне навантаження у будівлях і спорудах.

Мета роботи – розроблення цілісної системи критеріїв оцінювання якісного та кількісного складу джерел електромагнітних впливів на виробничі середовища широкого частотного спектра з різними амплітудами.

Виклад основного матеріалу

Головна задача – розроблення алгоритму визначення електромагнітного навантаження на виробничі середовища у окремих приміщеннях, будівлях, на території підприємства з урахуванням усіх можливих джерел впливу на електромагнітну обстановку. Це дає можливість за відомими даними з'ясувати частоти поля, генерованого конкретним джерелом, його просторову структуру, а також обрати необхідні методи та засоби вимірювання напруженості поля.

Очевидно, що конкретні показники електромагнітного поля у окремих виробничих приміщеннях обумовлені багатьма факторами – внутрішніми та зовнішніми. Тобто напруженостями полів, генерованих технологічним та допоміжним обладнанням і полями та випромінюваннями зовнішніх джерел. При цьому на кількісні значення обох груп факторів впливає середовище їх розповсюдження – часткове екранування, відбиття та перевідбиття електромагнітних хвиль будівельними конструкціями, поверхнями обладнання тощо [9]. Врахування усіх факторів впливу потребує систематизації у логічній послідовності з визначенням їх пріоритетності та взаємозалежності. Визначальними, на нашу думку, є синусоїдальність електричного струму, склад електротехнічного та електронного обладнання та інші чинники. Розглянемо їх окремо.

1. У сучасних умовах первинним заходом контролю електромагнітної обстановки повинно бути, визначення загального електронавантаження на виробничу будівлю, яке безпосередньо пов'язане з можливими рівнями електромагнітних полів. При цьому

важливою є якість електроенергії, перш за все її синусоїдальність. Як неодноразово зазначали фахівці-електротехніки, незадовільність цього параметра є причиною виникнення магнітних полів непередбаченого гармонічного складу.

2. Склад електричного обладнання. Основною задачею є з'ясування внеску споживачів з лінійними вольт-амперними характеристиками у загальне електронавантаження. Це обумовлює необхідність і достатність виірювання електромагнітних полів промислової частоти. Важливими є конструктивні особливості та параметри обладнання – потужність і полносність електричних машин, наявність і потужність вбудованих трансформаторів, наявність і конструкція вентиляційних систем тощо. Вони обумовлюють просторові структури поля електротехнічної установки та ступінь його неоднорідності на різних відстанях.

3. Сучасне електронне обладнання є найбільш критичним джерелом електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Для частини такого обладнання – персональних комп'ютерів (ПК) - чітко унормовані частотні смуги (5 Гц – 2 кГц та 2кГц - 400 кГц), для яких визначено гранично допустимі рівні (ГДР) електричних та магнітних полів, які є досить жорсткими. Наприклад, магнітне поле для першої смуги не повинно перевищувати 250 нТл, в той час як для магнітного поля промислової частоти цей показник – 0,5 мкТл. Таким чином, наявність та кількість комп'ютерного обладнання автоматично підвищує вимоги до електромагнітного фону. Водночас, у виробничих будівлях експлуатується значна кількість електронного обладнання, рівні випромінювання яких не регламентуються – це системи контролю доступу, відеоспостереження сигналізації тощо. Попередні вимірювання свідчать, що їх внесок у електромагнітну обстановку може бути суттєвим (до 0,2...5,0 мкТл). Особливо це стосується перших поверхів адмінбудівель. Досвід свідчить, що у цих умовах доцільно враховувати нормативи електромагнітної сумісності, які охоплюють практично усі діапазони частот, притаманних цьому обладнанню. Останнім часом все більш вагомими стають внутрішні джерела випромінювання ультрависоких і надвисоких частот – бездротові комп'ютерні мережі. Завдяки їх великій кількості спостерігається перевищення ГДР ($2,5 \text{ мкВт/см}^2$) на частоті 2,4 ГГц. При цьому існує тенденція до підвищення робочих частот подібного обладнання (до 5 ГГц).

4. Зовнішні електромагнітні впливи. Найсуттєвішими факторами зовнішніх впливів на електромагнітну обстановку є джерела електромагнітних полів промислової частоти та базові станції мобільного зв'язку. Основними джерелами зовнішніх електричних та магнітних полів промислової частоти у більшості виробничих приміщень є повітряні і кабельні лінії електропередачі (ЛЕП), трансформаторні підстанції (ТП), відкриті розподільчі пристрої (ВРП) електроенергетики тощо. Рівні електричних полів зазвичай передбачувані і є функцією відстані, рівні ж магнітних полів залежать від миттєвих значень електричних струмів, що обумовлюють великі обсяги випромінювань.

Значно більш складна ситуація з зовнішніми високочастотними [8] впливами. Це пояснюється тим, що виникає проблема ідентифікації джерел випромінювань. Оператори мобільного зв'язку працюють у вузьких смугах випромінювань ультрависокого діапазону. У багатьох випадках неможливо виділити з загального фону випромінювань внесок джерел цивільної авіації, для яких ГДР принаймні у чотири рази вищий норм для мобільного зв'язку. Окремо слід розглядати внесок у електромагнітну обстановку випромінювань антен телебачення і радіомовлення. Їх вимірювання має особливості через те, що такі станції працюють на межі, яка нормативно розділяє нормування за напруженостями полів та щільностями потоків енергії. У будь-якому випадку визначення внеску таких джерел потребує вимірювань з певним кроком за частотою. При цьому слід враховувати характер навколишньої забудови. Вимірювання за методикою, закладеною у норматив [6], не гарантують коректність результатів. Проведені нами натурні вимірювання свідчать, що за рахунок відбиття від будівель та ділянок рельєфу рівні випромінювань у середині приміщень можуть зростати майже удвічі.

5. Електрофізичні характеристики будівельних та облицювальних матеріалів. Відомо, що значна частина будівельних та облицювальних матеріалів, особливо залізобетонні конструкції з малим кроком арматури та металеві фасадні облицювальні конструкції значно знижують рівні зовнішніх електромагнітних випромінювань. Але такі їх властивості можуть сприяти підвищенню рівнів високочастотних випромінювань у приміщеннях. Це відбувається за рахунок перерозподілу електромагнітних хвиль внутрішніх джерел (наприклад, Wi-Fi) та багатократного переідбиття зовнішніх випромінювань. Тому, для коректного проведення робіт, що забезпечують електромагнітну безпеку, необхідна інформація щодо екрануючих властивостей конструкційних матеріалів будівлі з визначенням внеску у нього екранування за рахунок відбиття електромагнітних хвиль.

6. Класифікація виробничих приміщень. Нестандартні приміщення. У загальному випадку слід враховувати градацію приміщень за кількістю обладнання, щільністю його розміщення, санітарними нормами щодо його випромінювальних характеристик та стійкості до електромагнітних впливів тощо.

Такими є приміщення більшості виробничих, офісних, навчальних установ тощо. На сьогоднішній день спостерігається зростання кількості нестандартних виробничих приміщень, у яких експлуатується специфічне електронне обладнання і формується складний електромагнітний фон. До них належать пульти керування і диспетчерські дільниці енергетичних систем та засобів керування повітряним рухом тощо. Враховуючи важливість робіт, які виконує диспетчерський персонал, охороні праці, створенню абсолютно безпечних та комфортних умов праці цієї дуже відповідальної категорії працівників слід приділити особливу увагу. Досвід показав, що крім врахування чинників, наведених вище, для

коректного визначення фактичної електромагнітної обстановки у таких приміщеннях та розроблення необхідних і достатніх заходів з її поліпшення доцільно визначити спектральний склад і амплітуди електромагнітного поля на критичних частотах. Це пов'язано з певними метрологічними труднощами, тому виконувати таку процедуру необхідно принаймні у наднизькочастотній області – до 1 кГц та для частот 0,3 – 30 ГГц з урахуванням паспортних даних обладнання, що перебуває у експлуатації.

Висновки

1. У статті розглянуто концептуальні проблеми забезпечення охорони праці в умовах впливу та шкідливої дії електромагнітних полів різного походження, на що до останнього часу в нашій країні мало зверталася увага.

2. Особлива увага повинна приділятися персоналу, що постійно обслуговує електротехнічне та електронне устаткування, а також персоналу з високим психоемоційним навантаженням - диспетчерам та операторам енерго- та телекомунікаційних систем, авіа, морських та залізничних перевезень тощо. Для цих працівників необхідно розробити особливі умови контролю як самих приміщень на наявність електромагнітного випромінювання, так і стану здоров'я і придатності цих працівників до тривалого виконання функціональних обов'язків.

3. Ефективність заходів підвищення електромагнітної безпеки працюючих забезпечується урахуванням всіх чинників впливу на електромагнітну обстановку у виробничих приміщеннях.

4. Отримання достовірних даних щодо кількості джерел електромагнітних полів, їх випромінювання та критичності здійснюється у запропонованій послідовності з урахуванням внутрішніх та зовнішніх чинників впливу.

5. Електромагнітна обстановка та її зміни у діапазонах ультрависоких та вищих частот визначається з урахуванням відбиваючих властивостей будівельних матеріалів споруди та наявності відбиваючих поверхонь за межами будівлі.

6. Для нестандартних приміщень, де використовується специфічне обладнання з непередбачува-

ними властивостями випромінювання, ідентифікація критичних джерел (частот) впливу на працюючих має здійснюватися за результатами отримання спектрів електромагнітних полів у необхідних смугах частот з наступним порівнянням їх амплітуд з ГДР.

Список літератури

1. *Методологія визначення рівня електромагнітного навантаження на виробниче середовище* / В. А. Глива, Т.М. Перельот // *Проблеми охорони праці в Україні*. – 2014. – Вип. 28. – С. 91 – 95.
2. *Bhattacharjee S. Protective Measures to Minimize the Electromagnetic Radiation* / S. Bhattacharjee // *Electronic and Electric Engineering*.- 2014.-Vol. 4. – P. 375 – 380.
3. *Джерела гармонік магнітного поля у будівлях і спорудах та мінімізація їх рівнів* // В.А. Глива, В.Г. Здановський, Л.О. Левченко, Т.М. Перельот / *Проблеми охорони праці в Україні*. – 2015. – Вип. 29. – С. 48 – 58
4. *Методичні вказівки з визначення рівнів електромагнітного поля засобів керування повітряним рухом цивільної авіації ВЧ-, ДВЧ-, УВЧ-, та НВЧ-діапазонів* / М.Г. Шандала, Ю.Д. Думанський та ін. – М., 1988. – 44 с.
5. *Пріоритетні напрями робіт із захисту працюючих від впливу електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот* / В.В. Коваленко, О.М. Тихенко, Л.О. Левченко // *Вісник КрНУ ім. М. Остроградського*. – 2016. – Вип. 5(100). – С. 82 –86.
6. *ETSI EN 300 220-2 V2.4.1 (2012-05): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 2: Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.*
7. *ETSI EN 301 489: "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services".*
8. *Electromagnetic load on the airport staff and basic methods of its reducing* / V.A. Glyva, V.V. Kovalenko, N.N. Kychata, L.A. Levchenko // *Proceedings The Sixth world congress "Aviation in the XXI-st century", September 23-25, 2014. – Vol.2. – Pp.5.2.14 – 5.2.18.*
9. *Wireless communication safety analysis* / V. Kovalenko, O. Tykhenko // *Proceedings the Seventh World Congress «Aviation in the XXI-st Century», September 19–21, 2016. – P. 5.4.46 – 5.4.48.*

Надійшла до редколегії 25.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ СРЕДУ

В.Г. Здановский, В.В. Коваленко, В.А. Глива

Для разработки и внедрения мероприятий по повышению электромагнитной безопасности и электромагнитной совместимости технических средств необходима алгоритмизация процесса определения критических источников электромагнитных полей. Это позволит ускорить выполнение таких работ и снизить их стоимость. Особенно это важно для выявления всех источников электромагнитного воздействия на объектах критической инфраструктуры, где электромагнитная безопасность и электромагнитная совместимость оборудования является двуединой задачей.

Ключевые слова: электромагнитная безопасность, электромагнитная совместимость, критерий, экранирование.

CRITERIAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC LOAD ON THE PRODUCTION ENVIRONMENT

V.G. Zdanovskiy, V.V. Kovalenko, V.A. Glyva

For the development and implementation of measures to improve electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of technical means are necessary algorithmization of the process identifying critical sources of electromagnetic fields. Thus it's possible speed up the process and reduce their cost. This is especially important to identify all sources of electromagnetic effects on critical infrastructure where electromagnetic security and electromagnetic compatibility of the equipment united by a two-pronged task.

Keywords: electromagnetic safety, electromagnetic compatibility, criterion, shielding.

УДК 621.31.311

С.Г. Кислиця¹, Г.М. Кожушко²¹ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава² Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава

СВІТЛОДІОДНІ СВІТИЛЬНИКИ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ОСНОВНІ СВІЛОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Проаналізовано відмінності щодо встановлення вимог до світлодіодних світильників та їх випробувань згідно з міжнародними стандартами. Для нерозбірних конструкцій світлодіодних світильників, крім традиційних вимог додатково нормується світлова віддача, початкові та збережені в процесі строку служби світловий потік, координати колірності, загальний індекс кольоропередачі. Ресурсні характеристики та надійність оцінюють за результатами спаду світлового потоку, кількості циклів “вмикання-вимикання” та циклічних температурних випробувань. Вимоги до обмеження блискавості та значення захисних кутів світлодіодних світильників відрізняються від вимог для світильників з розрядними лампами та лампами розжарювання і для більшості випадків вони є більш високими.

Ключові слова: світлодіодні світильники, нормування, ресурсні характеристики, надійність.

Вступ

Застосування світловипромінювальних діодів (СВД) для освітлення суттєво змінило підходи щодо встановлення вимог до характеристик та методів випробувань світильників з цими джерелами світла в порівнянні з вимогами до світильників з лампами розжарювання (ЛР) та розрядними лампами (РЛ). Це викликано відмінністю конструкцій СВД від традиційних джерел світла та їх ресурсними, світлотехнічними та іншими характеристиками. Метою даної роботи є аналіз особливих вимог до характеристик світильників із СВД джерелами світла та методів оцінки їх відповідності за стандартами Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) та рекомендаціями Міжнародної комісії з освітлення (МКО).

В Україні на основі міжнародних, розроблені національні стандарти на світлодіодні світильники та світлодіодні джерела світла, які використовують у цих світильниках, а також на методи вимірювання та випробування їх параметрів. Крім того розроблено проект національного стандарту “Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. вимоги до технічних характеристик”, який доповнює міждержавний стандарт ГОСТ 17677–89 “Светильники. Общие технические условия” в частині щодо світлодіодних світильників.

Матеріал і результати дослідження

Для світильників в яких використовують світлодіодні лампи принципово нових вимог у порівнянні зі світильниками для інших джерел світла (ЛР, РЛ), немає, хоч і є деякі особливості. Стосовно світильників зі світлодіодними джерелами світла, які поєднані зі світильниками (нерозбірними конструкціями), крім традиційних вимог додатково встановлюють вимоги, які зазвичай властиві для ламп — світлова віддача, колірні характеристики, стабіль-

ність світлового потоку та колірних характеристик у процесі строку служби.

Згідно з проектом ДСТУ “Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик”, початкове значення світлової віддачі джерел світла (модулів СВД), які використовують у світильниках з різними корельованими колірними температурами (ККТ) повинні бути не менше ніж надано в табл. 1.

Таблиця 1
Мінімальні значення світлової віддачі модулів СВД для нерозбірних конструкцій світильників

Номінальні значення ККТ, К	Діапазони значень ККТ, К	Мінімальні значення світлової віддачі η , лм·Вт ⁻¹
2700 3000 3500	2500-2800 2850-3250 3250-3750	70
4000 4500 5000	3750-4250 4250-4750 4750-5350	80
5700 6500	5350-6000 6000-7000	90

Початкові значення корельованих колірних температур та координат колірності світильників x, y мають бути в межах полів допусків, які зображають на колірній діаграмі (x, y), значення яких надано в табл. 2. Якість кольоропередачі світильників залежно від призначень, регламентують установленням мінімальних значень загальних індексів кольоропередачі, R_a . Для світильників офісного й побутового освітлення R_a має бути не менше, ніж 80.

Параметри, які нормують для світлодіодних світильників з поєднаними СВД-джерелами світла (нерозбірних світильників) і які потрібно оцінювати шляхом вимірювань та випробувань встановлені в [1]: потужність, світловий потік, розподіл сили світла та максимальна сила світла, кут розходження пучка, світловіддача, початкові координати колірності

та координати колірності після 6000 год., початкова корельована колірна температура, початковий індекс кольоропередачі та індекс кольоропередачі після 6000 год., код збереження світлового потоку, параметри надійності (вимоги до циклічних температурних випробувань, режимів вмикання-вимикання джерела живлення та форсованого функціонування), значення температури модуля та.

Таблиця 2

Значення ККТ та координат колірності x , y

Значення ККТ, К		Координати колірності x , y , які відповідають нормованим значенням ККТ	
номінальні	нормовані разом з допусками	x	y
2700	2725±145	0,4578	0,4101
3000	3045±175	0,4338	0,4030
3500	3465±245	0,4073	0,3917
4000	3985±275	0,3818	0,3797
4500	4503±243	0,3611	0,3658
5000	5028±283	0,3447	0,3553
5700	5665±355	0,3287	0,3417
6500	6530±510	0,3123	0,3282

Так як строк служби світлодіодних світильників з поєднаними СВД модулями є тривалим, то оцінювати цей параметр традиційним методом, наприклад, як час функціонування до відказу 50% світильників, не доцільно. У міжнародних стандартах МЕК запропоновано оцінювати строк служби таких світильників за величиною збереженого (залишкового) світлового потоку за певний час функціонування. Строк служби СВД світильників — це час протягом якого рівень світлового потоку залишається більшим ніж заявлений виробником. Якщо в світильниках застосовані СВД модулі відповідність параметрів яких не підтверджені вимогам [2], то тривалість випробування становить 25% номінального строку служби (за максимального значення часу випробування 6000 год).

Для світильників із СВД модулями світлові параметри і параметри надійності яких підтверджені результатами тривалішого випробування проводять протягом проміжку часу, що становить 10 % номінального строку служби (за максимального значення цього проміжку 2000 год). Для підтвердження відповідності строку служби результати вимірювання збережених світлових потоків після 6000 год. потрібно екстраполювати до заявленого значення строку служби.

Випробування на надійність передбачають: циклічні температурні випробування, випробування на вмикання/вимикання та форсоване функціонування. Циклічні випробування проводять в камері, в якій температура змінюється від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю 1°C за 1 хв протягом чотиригодинного періоду. Випробування тривають 250 таких циклів (1000 год). Світильники (модулі СВД) вмикаються та вимикаються кожні 17 хв. Випробування на вмикання/вимикання проводять таку кількість разів, що дорівнює половині задекларованого номінального строку служби (в годинах). Світильники (модулі

СВД) почергово вмикаються та вимикаються на 30 с. Форсовані випробування проводять за номінальної напруги при температурі на 10°C більше ніж максимальне рекомендоване значення $t_{p \text{ макс}}$ протягом 25% номінального строку служби.

Особливістю оцінювання відповідності світлодіодних світильників є також те, що при використанні в світильниках модулів СВД, параметри яких підтверджені щодо вимог [2], на світлові та колірні параметри, а також випробування на надійність можуть бути використані результати випробувань модулів СВД.

СВД відрізняються високою яскравістю за малої випромінювальної площі. Це особливо характерно для потужних світлодіодів із високою світловою віддачею. Яскраві світлодіодні джерела світла є блискавичними джерелами світла, які створюють зоровий дискомфорт та засліплення, тому для зменшення блискавості в світильниках застосовують захисні кути (екрани) і світлорозсіювальні матеріали, якими перекривають пряму видимість випромінювальної поверхні СВД у полі зору спостерігача. Вимоги до обмеження блискавості для СВД світильників відрізняються від вимог для інших джерел світла і це одна з особливостей цих світильників.

Значення захисного (умовного захисного) кута по обмеженню яскравості, зони обмеження яскравості в нижній півсфері і габаритної яскравості для підвісних, стельових та вбудованих світлодіодних світильників загального освітлення приміщень громадських будівель регламентуються проектом ДСТУ "Світильники загального використання зі світлодіодними джерелами. Вимоги до технічних характеристик" повинні відповідати вказаним у табл. 3.

Таблиця 3

Світлотехнічні вимоги до світильників загального освітлення приміщень громадських будівель

Захисний кут у поперечній і поздовжній площинах	Зона обмеження яскравості, градуси	Габаритна яскравість, $\text{кд}/\text{м}^2$, не більше для класу світлорозподілу		
		Прямого світла (П)	Переважно прямого світла (Н)	Розсіяного та переважно розсіяного світла (Р,В)
30	60-90	3500	4500	5000

Значення захисного кута, зони обмеження яскравості в нижній півсфері і габаритної яскравості настінних світлодіодних світильників загального освітлення житлових приміщень повинні відповідати вказаним у табл. 4.

Таблиця 4

Максимальне значення габаритної яскравості світильників загального освітлення житлових приміщень

Клас світлорозподілу	Габаритна яскравість, $\text{кд}/\text{м}^2$, не більше
П	3500
Н	3000
Р	2500

У технічних умовах на світильники конкретних типів або груп для загального освітлення виробничих, громадських і житлових будівель, в залежності

від їх призначення, повинні бути вказані (крім вимог згідно з ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1) такі світлотехнічні параметри: клас світлорозподілу; тип кривої сили світла (крім світильників для житлових приміщень); захисні кути (світильників для виробничих, громадських і житлових будівель); зона обмеження яскравості та габаритна яскравість у цій зоні (світильників для громадських будівель).

Відомо, що оптичне випромінювання здатне визивати ряд біологічних реакцій у тканинах живих організмів, у тому числі і негативних, які визначаються процесами перетворення енергії на молекулярному рівні. Що стосується фотобіологічної безпеки ламп і систем освітлення, то до появи яскравих СВД у центрі уваги були обмеження по УФ-випромінюванню. З появою "білих" над'яскравих світлодіодів, які використовують для освітлення, виникло питання їх безпеки для сітківки ока і про небезпеку "синього світла".

Класифікацією безпечності оптичних випромінювань згідно з [3] встановлено чотири основних групи ризиків. Для ламп загального призначення (ЛЗП) безперервного горіння та світильниками з такими лампами значення параметрів безпеки надають у вигляді як опроміненості (E_c), так і енергетичної яскравості (L_c) на відстанях, де утворюється освітленість 500 лк, але не менше ніж 200 мм.

ВИСНОВКИ

Основні особливості, які відрізняють світлодіодні світильники від світильників з іншими джерелами світла:

1) для світильників з поєднаними світлодіодними джерелами світла (нерозбірними конструкціями) додатково встановлюють вимоги до світлової віддачі, початкових та збережених у процесі строку служби координат колірності, індексу кольоропередачі та світлового потоку, параметрів надійності (вимоги до циклічних температурних випробувань, кількості циклів "вмикання-вимикання") значення температури модуля t_m ;

2) при використанні в світильниках модулів СВД світлові, колірні параметри та надійність яких підтверджені результатами випробувань, ці результати можуть бути розповсюджені на дані світильники;

3) вимоги до обмеження блискавості та значення захисних кутів світильників, відрізняються від таких вимог для світильників з іншими джерелами світла;

4) СВД світильники мають бути класифіковані за групами ризику небезпечності синього світла.

Список літератури

1. Характеристики світильників функціональні. Частина 2-1. Особливі вимоги до світильників зі світло-випромінюючими діодами: ДСТУ-П ІЕС/PAS 62722-2-1: 2014. [Чинний від 01-07-2015]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 25 с. (Націон. стандарт України).
2. Модулі світлодіодні загального освітлення. Вимоги до характеристик: ДСТУ-П ІЕС/PAS 62717:2014. — [Чинний від 01-07-2015]. — К.: Мінекономрозвитку України, 2015. — 60 с. (Націон. стандарт України).
3. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна: ДСТУ ІЕС 62471:2009 [Чинний від 01-01-2012]. — К.: Держспоживстандарт України, 2014. — V, 34 с. (Націон. стандарт України).
4. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. Част. 2. Наставови щодо вимог до конструкцій стосовно безпечності нелазерних оптичних випромінень: ДСТУ-П ІЕС/TR 62471-2:2014. [Чинний з 2007-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2014. — 47 с. (Націон. стандарт України).
5. Застосування положень ІЕС 62471 до джерел світла та світильників стосовно оцінювань небезпечності синього світла: ДСТУ ІЕС TR 62778:201X. — К.: Мінекономрозвитку України, 2015. — 55 с. (Націон. стандарт України).
6. Кожушко Г.М. Особливі вимоги до світлодіодних світильників за міжнародними стандартами // Промислова електроенергетика та електротехніка. №1(97). 2016. С. 13-19.

Надійшла до редколегії 6.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

СВЕТОДИОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ: ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

С.Г. Кислица, Г.М. Кожушко

Проанализированы различия по установлению требований к светодиодным светильникам и их испытаний в соответствии с международными стандартами. Для неразборных конструкций светодиодных светильников, кроме традиционных требований дополнительно нормируется световая отдача, начальные и сохранённые в процессе срока службы световой поток, координаты цветности, обций индекс цветопередачи. Ресурсные характеристики и надёжность оценивают по результатам спада светового потока, количества циклов "включение-выключение" и циклических температурных испытаний. Требования к ограничению блёсткости и значение защитных углов светодиодных светильников отличаются от требований для светильников с разрядными лампами и лампами накаливания и для большинства случаев они являются более высокими.

Ключевые слова: светодиодные светильники, нормирования, ресурсные характеристики, надёжность

LED LIGHTING: BASIC FEATURES AND LIGHTING REQUIREMENTS

S.G. Kyslytsia, G.M. Kozhushko

Analyzes the characteristics of the establishment of technical requirements for LED lamps. Folding design for LED lighting, in addition to traditional requirements that apply to luminaires with discharge lamps and incandescent lamps, further standardized: light output, primary and recovered during the life of the luminous flux, color coordinates, the general color rendering index. Resource performance and reliability was evaluated by the results of the luminous flux decline, the number of switching cycles and cyclic temperature tests. Requirements to limit glare and protecting the value of the angles of LED lighting fixtures are different from other light sources. LED fixtures must be classified into risk groups photobiological safety and energy efficiency classes.

Keywords: LED, lamp, light output, color rendering, energy efficiency, energy efficiency, safety.

УДК 681.669

А.М. Мінтус

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ МЕТАЛА ПО СЕКЦІЯХ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВТОРИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ МАШИН НЕПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК

У статті розглядається алгоритм визначення середньої швидкості руху неперервно литої заготовки для динамічного управління витратами охолоджувача у зонах вторинного охолодження машин неперервного лиття заготовок. Запропонований алгоритм покликаний допомогти звести до мінімуму негативний вплив перехідних процесів на температурний профіль неперервно литої заготовки і підвищити її якість.

Ключові слова: зона вторинного охолодження, динамічне управління, середня швидкість руху

Вступ

Система вторинного охолодження істотно впливає на процеси формування неперервно литої заготовки. Вона повинна забезпечувати раціональний розподіл температури уздовж технологічної осі машини неперервного лиття заготовок (МНЛЗ) і бездефектне формування неперервно литої заготовки при її кристалізації. Система управління зоною вторинного охолодження (ЗВО) передбачає роботу в ручному, пропорційному швидкісному і динамічному режимах. Ручний режим призначений для оперативного втручання технологічного персоналу для зміни витрат охолоджувача в будь-якій окремо взятій секції при збереженні автоматичного управління іншими в разі виникнення нештатних ситуацій, а також при підготовці МНЛЗ до розливання. Пропорційний швидкісний режим управління в даний час є найбільш поширеним і базується на табличних даних зміни витрати охолоджувача в залежності від швидкості розливання. При цьому зміна витрат охолоджувача відбувається разом в усіх секціях ЗВО одночасно зі зміною реальної швидкості розливання. Технологічна база табличних даних або керуючих рівнянь складається для всього сортаменту продукції, що розливається, з урахуванням розмірних факторів, хімічного складу і температур стали. Швидкісний режим управління дозволяє досить точно підтримувати необхідний температурний профіль при стаціонарному режимі розливання. Але при неперервному розливанні перехідні режими (зміна швидкості) є невід'ємною частиною технологічного процесу і в таких випадках можуть з'являються переохолоджені або перегріті ділянки заготовок, що пов'язане з одночасною зміною витрат охолоджувача в усіх секціях. В кінцевому підсумку це негативно впливає на якість продукції. Динамічний режим управління покликаний звести до мінімуму негативний вплив перехідних процесів на температурний профіль неперервно литої за-

готовки і підвищити її якість. Для підтримки оптимальних умов охолодження зливка витрати води по секціях ЗВО необхідно змінювати не миттєво, а протягом певного проміжку часу. Цей проміжок залежить від напрямку та величини зміна швидкості розливання, а також від довжини шляху від меніску металу в кристалізаторі до секції. Існують різні алгоритми динамічної системи управління, але базовим параметром для всіх алгоритмів є контроль за так званою середньою швидкістю різних перетинів заготовки уздовж технологічної осі і монотонна зміна витрат води по кожній із секцій окремо відповідно до значень середньої швидкості. В роботі розглянемо один з можливих алгоритмів визначення середньої швидкості по окремих секціях ЗВО.

Основна частина

Початкові дані надані у табл. 1

Таблиця 1

Довжина секцій зони вторинного охолодження

ЗОНА	Длина, мм	ЗОНА	Длина, мм
Кристалізатор	$l_{кр}$	Кристалізатор	$l_{кр}$
№ 1	l_1	№ 4	l_4
№ 2	l_2	№ 5	l_5
№ 3	l_3	№ 6	l_6

1. Розподіл секцій ЗВО на ділянки

Середня швидкість руху металу оцінюється в середині секції ЗВО. Для того, щоб при початку розливання визначити дану швидкість для кожної секції, необхідно відстань від початку секції до її середини поділити на цілу кількість ділянок довжиною Δl_s (s - номер секції ЗВО), як це наведено на рис. 1. Виходячи з вищевказаного, розбивку секцій ЗВО можна здійснити за допомогою формули:

$$\Delta l_s = l_s / (2n_s),$$

де l_s – довжина s-ої секції ЗВО; Δl_s – довжина ділянки; n_s – ціле число ділянок, яке вибирається для кожної s-ої секції індивідуально.

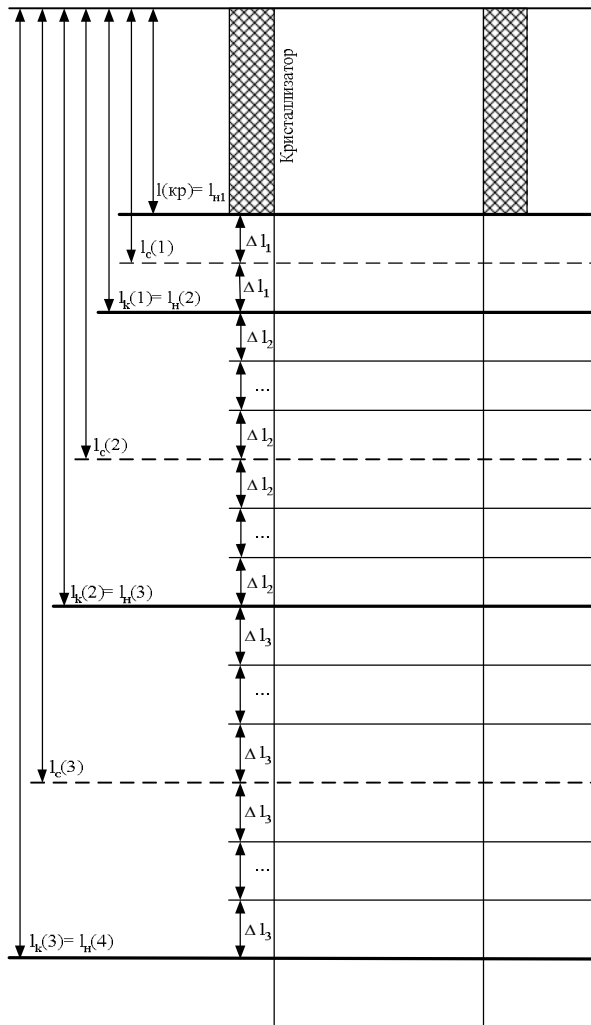


Рис. 1. Схема розміщення ділянок секцій ЗВО

2. Розрахунок середньої швидкості розливання для кожної секції ЗВО

2.1 Попередні розрахунки

Перед початком розливання задаємося усередненою швидкістю v_{cp} , відповідно до якої попередньо будуть сформовані витрати води в усіх секціях ЗВО.

2.2 Початок розливання.

2.2.1 Перехід з кристалізатора в першу секцію

Після включення механізму витягування зливка починається стеження за переміщенням зливка, тобто розраховується (фіксується) загальна довжина переміщення торця зливка L . Також фіксується загальний час після початку розливання T і час проходження зливком ділянок секцій Δt_s (в даному випадку кристалізатора).

З цього моменту, на кожному циклі опитування переміщення, перевіряємо виконання умови $L \geq l(кр)$.

Як тільки переміщення зливка досягло величини довжини кристалізатора $L \geq l(кр)$, починається

формування середньої швидкості для першої секції ЗВО. Формування проводиться відповідно до часу проходження зливком Δt_s поточної ділянки секції Δl_s . Час Δt_s при переході з кристалізатора в першу секцію дорівнює часу проходження зливком відстані $l(кр)$.

З урахуванням дискретизації опитування датчика переміщення (швидкості) розраховуємо час проходження зливком кристалізатора за формулою:

$$t_s = t_{кр} = T - \frac{L - l(кр)}{v_{MT}}, \quad (1)$$

де v_{MT} – миттєвизначення швидкості, яке зафіксоване за останній такт до дії.

Для розрахунку усередненої швидкості для першої секції скористаємося формулою:

$$v_{cp}(1) = \frac{l_s}{t_s}, \quad (2)$$

де $l_s = l(кр) = l_{н(1)}$ – відстань від меніска металу в кристалізаторі до кінця ділянки зони, що пройдена торцем зливка, якщо він не дійшов до середини секції;

$t_s = t_{кр}$ – час переміщення торця зливка від меніска до початку першої зони (виходу з кристалізатора) $l(кр) = l_{н(1)}$, який розрахований з урахуванням дискретизації.

Таким чином, розрахувавши середню швидкість для першої секції $v_{cp}(1)$ задаємо витрата води в цій секції. Для всіх інших секцій витрата води залишаються поки незмінними.

2.2.2 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (зливки не дійшов до середини секції ЗВО)

Після того, як зливки досяг початку першої секції, тобто виповнилася умова $L \geq l(кр)$, на кожному циклі опитування датчика переміщення починаємо оцінювати становище початку зливка щодо середини першої секції зони вторинного охолодження $L \geq l_c(1)$.

Якщо умова не виконується, тобто злиток не досяг середини першої секції, то необхідно відстежувати переміщення торця зливка на відстань рівну ділянці першої секції Δl_1 . Після того як зливки, за показаннями датчика, переміститься на відстань Δl_1 , необхідно також визначити час переміщення зливка по секції на дану відстань. Визначаємо час Δt_{timer} проходження зливком ділянки секції за показниками таймера.

Далі, визначаємо помилку в переміщенні, викликану дискретністю опитування датчика переміщення:

$$\Delta L = L - l_s - \Delta l_1, \quad (3)$$

де l_s – відстань від меніска до останнього кінця ділянки зони пройденого торцем злитка;

L – загальна довжина переміщення торця злитка

Δl_1 – довжина ділянки першої секції,

$$\Delta t_1 = \Delta t_{\text{timer}} - \frac{\Delta L}{v_{\text{MT}}}, \quad (4)$$

де v_{MT} – миттєве значення швидкості розливання, яке зафіксоване за останній такт до дії;

Δt_{timer} – час за який злиток пройшов відстань, причому

$$\Delta t_{\text{timer}} \geq \Delta l_1;$$

ΔL – відстань, на яку злиток перевищив задане значення переміщення.

З урахуванням отриманої величини Δt_1 розраховуємо час від початку розливання до моменту перетину торцем зливка відповідної ділянки зони:

$$\Delta t(s) = \Delta t(1) = \Delta t(1) + \Delta t_1. \quad (5)$$

Далі розраховуємо усереднену швидкість для першої секції з огляду на зміну часу $\Delta t(1)$ переміщення зливка і відстані Δl_1 пройденого ним:

$$v_{\text{cp}}(s) = \frac{l_s}{\Delta t(s)}, \quad (6)$$

де $l_s = l_s + \Delta l_1$ – відстань, яка пройдена торцем зливка;

Потім, після коректування швидкості і чергового переміщення зливка на відстань Δl_1 , повертаємося до перевірки умови досягнення торцем зливка середини першої секції $L \geq l_c(1)$.

Таким чином, цикл повторюється до тих пір, поки не виконається умова досягнення зливком середини секції.

2.2.3 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (злиток дійшов до середини секції ЗВО)

Після того як початок злитка досяг середини секції $L \geq l_c(s)$, середню швидкість розраховуємо за формулою:

$$v_{\text{cp}}(1) = \frac{l_s}{\Delta t(s)}, \quad (7)$$

де $l_s = l_c(1)$ – відстань від меніска металу до середини секції;

$\Delta t(s)$ - час проходження торця зливка від меніска до середини відповідної зони.

Розрахунок часу $\Delta t(s)$ - проводиться за формулами (3) – (5).

2.2.4 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (злиток пройшов середину секції ЗВО)

Після перетину торцем середини секції ЗВО $L > l_c(s)$, при кожному переміщенні зливка на відстань Δl_s ділянки секції фіксується час проходження цієї ділянки Δt_{s_timer} та виконується перерахунок середньої швидкості.

Так як розрахунок середньої швидкості виконується для середини в секції ЗВО, то подальше переміщення торця злитка по цій секції не впливає на значення l_s . Після досягнення зливком середини секції це значення буде завжди розраховуватися за такою формулою:

$$l_s = l_c(s). \quad (8)$$

У свою чергу значення часу $\Delta t(s)$ проходження зливком від меніска до середини секції, буде змінюватися при зміні швидкості розливання. Для коригування часу проходження зливком даної ділянки, визначимо проміжок часу, за який злиток пройде відстань Δl_s , рухаючись зі швидкістю $v_{\text{cp}}(s)$:

$$\Delta t^* = \frac{\Delta l_s}{v_{\text{cp}}(s)}, \quad (9)$$

де $v_{\text{cp}}(s)$ – середня швидкість, яка розрахована раніше.

Далі, визначимо різницю між фактичним часом Δt_{s_timer} проходження злитком відстані Δl_s і розрахованим за формулою (9):

$$\Delta t^{**} = \Delta t_{s_timer} - \Delta t^* \quad (10)$$

Після зміни значення часу

$$\Delta t(s) = \Delta t(s) + \Delta t^{**}, \quad (11)$$

розраховуємо середнє значення швидкості для відповідної секції ЗВО за виразом:

$$v_{\text{cp}}(s) = \frac{l_c(s)}{\Delta t(s)}$$

Після коригування усередненої швидкості розливання цикл алгоритму повторюється.

2.2.4 Вихід переднього торця зливка з останньої секції

Після того як початок зливка пройде середину останньої секції ЗВО, будуть розраховані середні швидкості для всіх секцій. Таким чином, в подальшому, до закінчення розливання, крок переміщення зливка можна прийняти фіксованим, враховуючи зауваження, які наведені в пункті 1. Надалі розрахунок середньої швидкості зводиться до розрахунку, описаного в пункті 2.2.3.

Результати моделювання процесу наведені на рис. 2 та 3.

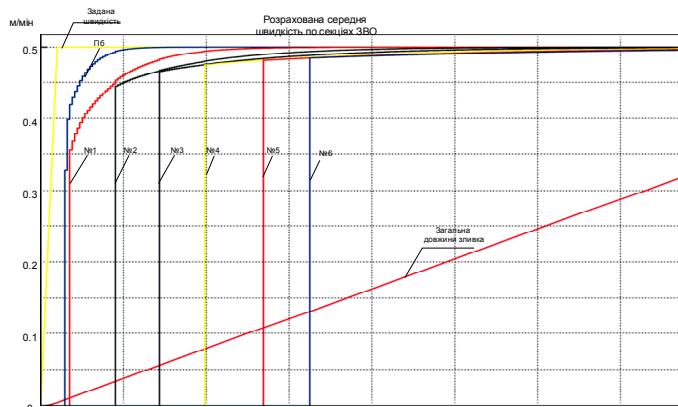


Рис. 2. Результати моделювання розрахунку усередненої швидкості в секціях ЗВО (Початок розливання)

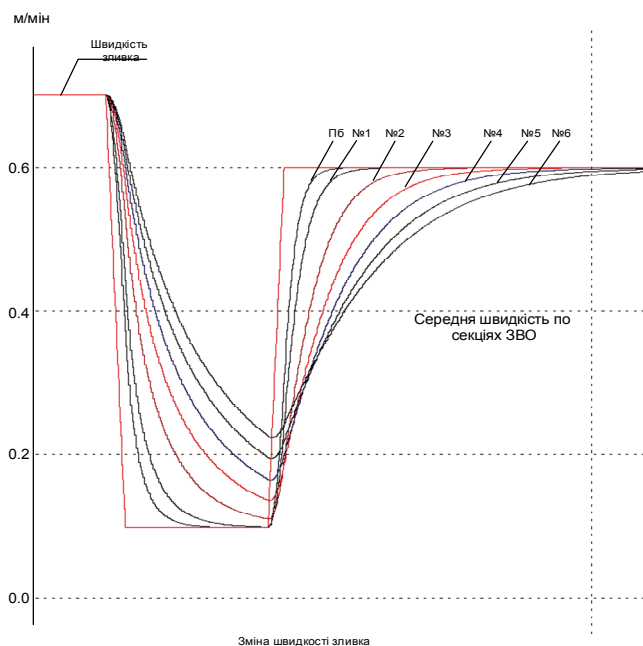


Рис. 3. Результати моделювання розрахунку середньої швидкості по секціях ЗВО (зміна швидкості в процесі розливання)

Висновки

Запропонований алгоритм формування середньої швидкості по секціях зони вторинного охолодження забезпечує у перехідних режимах плавну та монотонну її зміну в залежності від віддаленості секції від меніску металу у кристалізаторі.

Використання розрахованих за запропонованим алгоритмом середніх значень швидкостей по секціях дозволяє сформувати оптимальні значення витрат охолоджувача, особливо у перехідних режимах, що позитивно відзначається на якісних показниках готової продукції.

Список літератури

1. Целесообразность динамического управления зоной вторичного охлаждения / А.Н. Минтус, А.Ю. Цупрун, Д.А. Денисенко, В.Ю. Мариничев // *Наукові праці Донецького НТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика»*. – 2007. – Вип. 7(128). – С. 91-94.

2. Смирнов А.Н. Некоторые аспекты организации производства в условиях современного микро-завода / А.Н. Смирнов, А.Ю. Цупрун, Е.В. Штепан, Е.В. Новикова // *МЕТАЛЛ И ЛИТЬЕ УКРАИНЫ*. – 2009. – № 1-2. – С. 16-20

Надійшла до редколегії 28.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛА ПО СЕКЦИЯМ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗОНОЙ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

А.Н. Минтус

В статье рассматривается алгоритм определения средней скорости движения непрерывно литой заготовки для динамического управления расходами охладителя в зонах вторичного охлаждения машин непрерывного литья заготовок. Предложенный алгоритм призван помочь свести к минимуму негативное влияние переходных процессов на температурный профиль непрерывно литой заготовки и повысить ее качество.

Ключевые слова: зона вторичного охлаждения, динамическое управление, средняя скорость движения.

AVERAGE METAL MOVEMENT SPEED THROUGHOUT SECTIONS DETERMINATION ALGORITHM FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE SECONDARY COOLING ZONE DYNAMIC CONTROL

A.M. Mintus

The article discusses determining algorithm of continuously cast billets average movement speed for dynamic control of cooler expenditure in continuous casting machines secondary cooling zones. The proposed algorithm is designed to help minimize transient negative impact on continuously cast billets temperature profile and improve its quality.

Keywords: secondary cooling zone, dynamic control, average movement speed.

УДК 621.396.967.2

І.В. Свид, І.А. Штих

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СИНТЕЗ ВИЯВЛЮВАЧА ПОСЛІДОВНОСТЕЙ СИГНАЛІВ ЗАПИТУ НЕСИНХРОННОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Синтезовано виявлювач синхронних послідовностей сигналів запиту несинхронної мережі систем ідентифікації повітряних об'єктів, що дозволяє перейти від обслуговування в літаковому відповідачі сигналу запиту до обслуговування запитувача і, як наслідок, суттєвим чином зменшити обслуговування навмисних корельованих завад та підвищити завадостійкість як відповідачів, так і систем ідентифікації загалом.

Ключові слова: сигнал запиту, система ідентифікації, навмисні корельовані завади

Вступ

Постановка проблеми й аналіз літератури.

Поряд із засобами первинної радіолокації важливе місце в системі контролю повітряного простору (КПП) займають системи ідентифікації «свій-чужий» [1, 2].

Системи ідентифікації (СІ) складаються із запитувача та літакового відповідача (ЛВ). За принципами побудови відповідача та системи загалом СІ відносяться до [3]:

- систем обслуговуючих сигнал запиту (СЗ);
- одноканальних систем масового обслуговування (СМО) з відмовами;
- несинхронних мереж.

Ці принципи побудови СІ та використання відповідачем всеспрямованої антени є серйозною перешкодою для функціонування СІ при наявності внутрісистемних та навмисних корельованих завад (НКЗ), що суттєвим чином знижує завадостійкість таких систем.

Дійсно, постановка НКЗ зацікавленою стороною з потрібною інтенсивністю паралізує ЛВ, що призводить до зниження його завадостійкості.

Таким чином, пошук методів захисту СІ від НКЗ є актуальним. Серед таких методів є метод переходу від обслуговування СЗ до обслуговування запитувача, який, як відомо, формує синхронний потік СЗ. Цей потік відповідає вимогам щодо його характеристик. Дійсно, періоди повторення СЗ різних СІ відрізняються та вони відповідають умові однозначного виміру дальності до ЛВ.

Ця обставина може бути використана для виявлення синхронних послідовностей СЗ і, як наслідок, визначити кількість запитувачів, які формують сумарний потік СЗ.

Навмисні корельовані завади таким умовам не відповідають і, як наслідок, не будуть обслуговуватися ЛВ.

Мета роботи – синтез виявлювача синхронних послідовностей сигналів запиту систем ідентифікації.

Основна частина

Відомо, що основою подавлення завад є розбіжності між корисним сигналом і завадою. Побудова існуючих СІ, як показано вище, виключає розбіжності між корисним сигналом і завадою ні за простором, ні за часом. Створення просторових розходжень між сигналами СІ і НКЗ, хоча й можливо, однак приводить до значних матеріальних витрат і приводить до складності функціонування таких систем. Іншим методом створення розбіжностей між корисними сигналами та НКЗ є часові розбіжності. Оцінимо можливість виділення синхронних послідовностей СЗ, що дозволить перейти від обслуговування СЗ до обслуговування запитувачі СІ.

Існуючі запитальні СІ відносяться до класу асинхронних систем передачі інформації і складаються з деякого числа передавачів і приймачів, що використовують єдиний частотний діапазон. Передавачі створюють дискретні сигнали $s_1(t - T_{i0})$, що належать кінцевій множині – ансамблю $S = \{s_l(t)\}$; $l = 1, 2, \dots, V$, і передають їх в лінію зв'язку асинхронно, незалежно один від одного, в визначені ними самими моменти часу. При цьому зазвичай виконується умова $t_1 \ll T_{i0}$, де t_1 - тривалість сигналу $s_1(t)$; T_{i0} - період повторення сигналів запиту. Використання єдиного каналу передачі СЗ, а також побудова всієї системи за принципом відкритої системи масового обслуговування з відмовами ускладнюють роботу таких систем при дії сторонніх завад.

Будемо розглядати СІ з N запитувачами. В цьому випадку СЗ N запитувачів складаються адитивно в середовищі, яке використовується для передачі, без будь-якої взаємної синхронізації і на вхід приймача або відповідача на довільному інтервалі часу спостереження надходить коливання

$$r(t) = s(t) + \mu(t) + n(t), t > t_0, \quad (1)$$

де $\mu(t)$ - внутрісистемна завада; $n(t)$ - флуктуаційна

завада, взаємозалежна від $s(t)$ і $\mu(t)$. Завада $n(t)$ апроксимується стаціонарним білим шумом з такими статистичними характеристиками, які вважаються відомими:

$$\langle n(t) \rangle = 0; \langle n(t_1)n(t_2) \rangle = 0,5N_0\delta(t_2 - t_1). \quad (2)$$

Корисний сигнал може бути представлений в наступному виді

$$s(t) = \sum_{l=1}^V \sum_{j=1}^{n+1} s_{lj}(t) = \sum_{l=1}^V \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{k=1}^M a_{ljk} s_{ljk}(t), \quad (3)$$

де V - кількість СЗ, які використовуються в системі ідентифікації; $s_{lj}(t)$ - j -й парціальний корисний сигнал l -ого СЗ; n - кількість імпульсів в СЗ; $M = \lceil T_n/T_{i0} \rceil$ - ціла частина числа; $T_n = t - t_0$ - інтервал спостереження; s_{jk} - k -й радіоімпульс j -ого парціального корисного сигналу; a_{jk} - амплітудний коефіцієнт, рівний 1 або 0, в залежності від коду СЗ.

При обчисленнях прийемо, що кожен корисний імпульс має вигляд

$$s_{jk}(t) = S_{jk}(t, \tau_{jk}, A_{jk}, \phi_{jk}) = A_{jk} f_{jk} \times \times (t - \tau_{jk}) \cos[\omega_0(t - \tau_{jk}) + \phi_{jk}], \quad (4)$$

де $f_{jk}(t - \tau_{jk})$ - огинаюча корисного радіоімпульсу, A_{jk} - випадкова амплітуда цього радіоімпульсу, τ_{jk} - момент появи радіоімпульсу, який визначається рівністю $\tau_{jk} = \tau_j + kT_{i0}$. Тут τ_j - відомий зсув у часі радіоімпульсу j -ого парціального корисного сигналу, який визначається кодом сигналу запиту.

Як видно з вищевикладеного, кожен запитувач формує серію запитальних сигналів, що відрізняються періодом проходження. Це неодмінна умова функціонування сучасних мереж систем ідентифікації. Однак, як показано в [1], ця обставина може бути використана для зміни принципу побудови відповідачів. Дійсно, виділивши синхронну послідовність СЗ можна перейти від обслуговування першого правильно прийнятого СЗ, до обслуговування абонентів, тобто запитувачів.

Покажемо це. Будемо вважати, що інтервал спостереження обраний так, що $M > K$, де K - потрібне число СЗ, необхідне для виявлення синхронної послідовності. Будемо розглядати нефлюктууючу некогерентну послідовність СЗ, кожна з яких утворена некогерентними радіоімпульсами. Початкові фази всіх радіоімпульсів $\phi_i \equiv \beta_i$, $i = \overline{1, r}$, а $r = V(n+1)K$ - загальне число радіоімпульсів. Послідовності СЗ в цьому випадку незалежні випадкові величини, кожна з яких рівномірно розподілена на інтервалі $[-\pi, \pi]$. Спільна щільність ймовірності сукупності незалежних випадкових величин $\vec{\beta} = \{\beta_1, \dots, \beta_r\}$ визначається виразом

$$W(\vec{\beta}) = \prod_{i=1}^r W(\beta_i).$$

Вираз (4) можливо записати як

$$s(t, \vec{\beta}) = \sum_{i=1}^r s_{1i}(t) \cos \beta_i + s_{2i}(t) \sin \beta_i,$$

де $s_{1i}(t) = A_{0i}(t) \cos(\omega_0 t)$, $s_{2i}(t) = -A_{0i}(t) \sin(\omega_0 t)$.

Тоді умовне значення кореляційного інтеграла можна записати як

$$z(r(t)|\vec{\beta}) = \int_{-\infty}^{\infty} r(t) s(t, \vec{\beta}) dt = \sum_{i=1}^r (z_{1i} \cos \beta_i + z_{2i} \sin \beta_i), \quad (5)$$

де $z_{ji} = \int_{-\infty}^{\infty} r(t) s_{ji}(t) dt$, $j = 1, 2$; $i = \overline{1, r}$.

Якщо ввести позначення $Z_i = \sqrt{z_{1i}^2 + z_{2i}^2}$, то вираз (5) можна записати як

$$z(r(t)|\vec{\beta}) = \sum_{i=1}^r Z_i \cos(\beta_i - \theta_i), \quad (6)$$

де $\cos \theta = z_1/Z$; $\sin \theta = z_2/Z$.

Так як в нашому випадку послідовність складається з імпульсів, що не перекриваються, то енергія пачки визначається сумою енергій окремих імпульсів. При малій зміні амплітуди в межах імпульсу за період коливань високої частоти можна записати

$$E(\beta) = \sum_{i=1}^r E_i(\beta_i) \approx \sum_{i=1}^r \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} A_{0i}^2(t) dt = \sum_{i=1}^r E_i, \quad (7)$$

де енергія i -го імпульсу не залежить від випадкової величини.

Відношення правдоподібності (ВП) при довільній щільності ймовірності випадкових параметрів, як відомо [3], визначається як

$$l(r(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\vec{\beta}) \exp\left(-\frac{E(\vec{\beta})}{N_0}\right) \exp\left(\frac{2}{N_0} z(r(t)|\vec{\beta})\right) d\vec{\beta}. \quad (8)$$

Підставляючи в (8) вирази (6) і (7), після інтегрування і використання модифікованої функції Бесселя нульового порядку можна записати

$$l(r(t)) = \prod_{i=1}^r \exp\left(-\frac{E_i}{N_0}\right) I_0\left(\frac{2Z_i}{N_0}\right).$$

Логарифм ВП в цьому випадку визначається як

$$\ln l(r(t)) = \sum_{i=1}^r \ln I_0\left(\frac{2Z_i}{N_0}\right) - \sum_{i=1}^r \frac{E_i}{N_0}. \quad (9)$$

Як впливає з виразу (9), оптимальне вирішальне правило виявлення послідовностей СЗ зводиться до порівняння з порогом такої величини:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^r \ln I_0(2Z_i/N_0).$$

Враховуючи те, що СІ, як правило, працюють при великих амплітудах СЗ вирішальне правило може бути спрощено

$$\Lambda = \sum_{i=1}^r \ln I_0(2Z_i/N_0) \approx \sum_{i=1}^r (2Z_i/N_0). \quad (10)$$

Таким чином, в оптимальному виявлювачі синхронних послідовностей необхідно обчислити модуль кореляційного інтеграла відповідно до виразу (10) і порівняти цю величину з порогом.

В випадку $q_0 \gg 1$, що характерно для систем ідентифікації, необхідні значення F і D можна забезпечити, обробляючи лише один імпульс синхронної послідовності. При цьому втрати за рахунок

незнання його фази невеликі. Таким чином, реалізація детектора синхронних послідовностей СЗ може бути здійснена за різними схемами. Зокрема, на рис. 1 представлена одна з можливих схем виявлювача синхронної послідовності. На виході фільтра, узгодженого з поодиноким радіоімпульсом (УФПР) обчислюється кореляційний інтеграл, що дозволяє на виході детектора (Д) отримати модуль кореляційного інтеграла. Пороговий пристрій (ПП) порівнює модуль кореляційного інтеграла з пороговим рівнем, при перевищенні якого приймається рішення про виявлення одиночного сигналу з необхідними показниками якості.

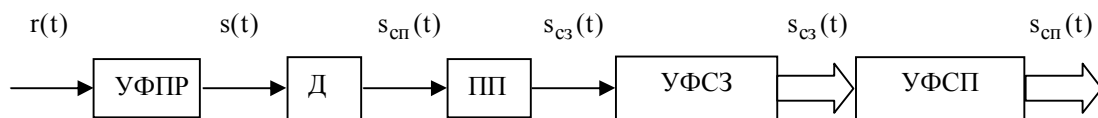


Рис. 1. Структура виявлювача синхронної послідовності системи ідентифікації

Надалі за допомогою узгодженого фільтра СЗ здійснюється виявлення конкретного СЗ. Загальна кількість УФСЗ дорівнює V. Узгоджений фільтр (УФСП) дозволяє виділити всі синхронні послідовності СЗ, тобто число запитувачів, які працюють в даний час з даним відповідачем.

Висновки

Таким чином, запропонований метод обробки СЗ в літаковому відповідачі дозволяє виділити синхронні послідовності сигналів запиту запитувачів СІ і, як наслідок, змінити порядок обслуговування. Дійсно виділення послідовностей СЗ визначає кількість запитувачів що потрібно обслужити. Це дозволяє значно підвищити завадостійкість систем ідентифікації за рахунок:

- переходу від обслуговування першого СЗ до обслуговування абонента тобто запитувача;
- виключення з обслуговування СЗ що не мають відомої синхронної складової, тобто навмисних корельованих завад;

– можливості використання однопозиційного обчислення дальності до повітряного об'єкта супротивною стороною, за рахунок виключення можливості несанкціонованого використання літакових відповідачів.

Список літератури

1. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков та інші. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.
2. Обод І.І. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.О. Стрельницький, В.А. Андрусевич. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – 270 с.
3. Обод І.І. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штых – Х.: ХНУРЕ, 2014. – 310 с.

Надійшла до редколегії 23.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХП», Харків.

СИНТЕЗ ОБНАРУЖИТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СИГНАЛОВ ЗАПРОСА НЕСИНХРОННОЙ СЕТИ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ

И.В. Свид, И.А. Штых

Синтезирован выявлювач синхронных последовательностей сигналов запроса несинхронной сети систем идентификации воздушных объектов, что позволяет перейти от обслуживания в самолетном ответчике сигнала запроса к обслуживанию запросчика и, как следствие, существенно образом уменьшить обслуживание умышленных коррелированных помех и повысить помехоустойчивость как ответчиков, так и систем идентификации в общем.

Ключевые слова: сигнал запроса, система идентификации, умышленные коррелированные помехи.

SYNTHESIS OF DETECTION OF SIGNALS OF SEQUENCES OF REQUEST FOR NON-SIGNAL NETWORK OF IDENTIFICATION SYSTEMS

I.V. Svyd, I.A. Shtykh

Synthesized wiiavlyuvach synchronous sequences of signals request a nonsynchronous network of aircraft identification systems, which allows to switch from servicing in the aircraft responder request signal to the service of the interrogator and, as a result, significantly reduce the maintenance of intentional correlated interference and improve the immunity of both respondents and identification systems in general.

Keywords: request signal, identification system, intentional correlated interference.

УДК 621.3

Г.В. Тамахін, В.Д. Дзівіцький

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД ДЖЕРЕЛ ДО НЕЛІНІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

У статті досліджено проблему ефективної передачі електричної енергії від джерел електричної енергії гармонійного струму у нелінійне навантаження. Проведено аналіз явищ, що призводять до втрат енергії у разі такої передачі. Запропоновано схему компенсації енергетичних втрат при змінних параметрах номінального навантаження.

Ключові слова: передача електричної енергії, ефективність, витрата енергії, несинусоїдальні струми, устаткування компенсації.

Вступ

Проблема передачі електричної енергії при несинусоїдальних напрузі та струмі, що виникає у випадку несинусоїдального навантаження в електричній мережі, є актуальною для електротехніки. Це питання висвітлено у значній кількості публікацій, які пропонують вирішення проблеми різними шляхами.

Результати аналізу проблеми передачі електричної енергії при нелінійних навантаженнях та запропоновані схеми оптимізації передачі енергії досить ефективно розв'язують поставлене питання.

Основна частина

Проблема ефективної передачі електричної енергії від джерел електричної енергії в навантаження була актуальною у всі часи існування електротехніки як науки.

При гармонійних режимах роботи процес передачі енергії і оптимізація цього режиму обумовлювалися наявністю в електричному колі реактивної потужності та її компенсацією.

Хоча реактивна потужність не була визначеною, подібна ситуація влаштовувала електротехніків.

Аналіз процесу передачі енергії в електричних цілях ускладнювався, коли поняття реактивної потужності спробували перенести на кола з негармонічними режимами роботи. Такі режими можуть виникати в колах з кількома джерелами енергії і нелінійними навантаженнями.

Рух електричної енергії від генератора до навантаження визначається теоремою Умова-Пойнтенга [1].

$$-\oint[\vec{E} \times \vec{H}]d\vec{s} = p(t) + \frac{\partial}{\partial t}(W_E +)W_M$$

Теорема вказує двохнаправленість процесу енергопередачі: енергія може розповсюджуватися як від генератора до навантаження, так і навпаки.

Така двохнаправленість зменшує ефективність електропередачі і погіршує енергетичні показники кола.

Оптимізація такого процесу призводить до того, щоб зробити його однонаправленим.

Для оцінки ефективності енергопередачі при синусоїдальному режимі використовується ряд критеріїв:

- активна потужність P ,
- реактивна потужність Q ,
- повна потужність S ,
- коефіцієнт потужності $\cos \varphi$.

Оптимізація процесу передачі енергії при цьому відбувається до підвищення коефіцієнта потужності, що приводить до підвищення активної потужності, зменшенню втрат в лінії передачі та генераторі, збільшенню коефіцієнту корисної дії (ККД) системи електропередачі.

Відповіді на питання про оптимальність енергопередачі при негармонійному режимі неможливо, так як навіть при відсутності у колі накопичувачів енергії L і C різниця між повною потужністю S і активною Q не дорівнює нулю.

Для виправлення енергетичних співвідношень вводять додатковий критерій T , який називають потужністю «спотворень».

Співвідношення між критеріями потужностей в колі виглядає так:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + T^2.$$

Потужність спотворення розуміється як потужність, що виникає в електричних колах при неспівпаданні форм струму й напруги.

Таким чином, оптимізація режиму передачі електроенергії зводиться до забезпеченню однаковості форм струму та напруги, при цьому:

$$\frac{u(t)}{i(t)} = R,$$

де R — лінійний опір по миттєвим величинам.

Цей режим характеризується максимальною середньою потужністю, що поступає в навантаження:

$$S = U \cdot I = P$$

При дії гармонічної напруги на нелінійне навантаження у навантаженні, лінії передачі і джерелі напруги виникає не гармонійний (відмінний від синусоїдального) струм.

Форми струму та напруги періодичні та відмінні один від одного.

У спектрі струму виникають комбіновані гармоніки вищих частот, які і обумовлюють зміну форми струму.

Таким чином:

$$u(t) = U_M \cos(\omega t + \psi_u) ;$$

$$i_i(t) = I_0 + I_{M1} \cos(\omega t + \psi_{i1}) + I_{M2} \cos(2\omega t + \psi_{i2}) + \dots$$

В зв'язку з вищесказаним, будемо виходити з можливості реалізації деякого спеціального керуваного джерела, яке додатково вмикається в схему, працюючи в неоптимальному режимі.

Це джерело приводить схему в оптимальний режим роботи.

Пристрої такого виду можуть розглядатися як джерела струму та ЕРС і вмикається як паралельно, так і послідовно з нелінійним елементом. Їх число визначається якістю оптимізації і повинно характеризуватися параметром неспоживання і невіддачі енергії за період:

$$\int_0^T j(t)u(t)dt = 0 ;$$

$$\int_0^T E(t)i(t)dt = 0 ,$$

де $u(t)$ та $i(t)$ – напруга та струм оптимізуемого джерела енергії.

Таким чином, робота оптимізуемого джерела енергії полягає в перерозподілі енергії по часу – накопиченню енергії на одному інтервалі і віддача її в рівній кількості на іншому.

При нелінійному навантаженні та наявності в колі гармонічного струму схема оптимізації може мати вигляд, наведений на рис. 1.

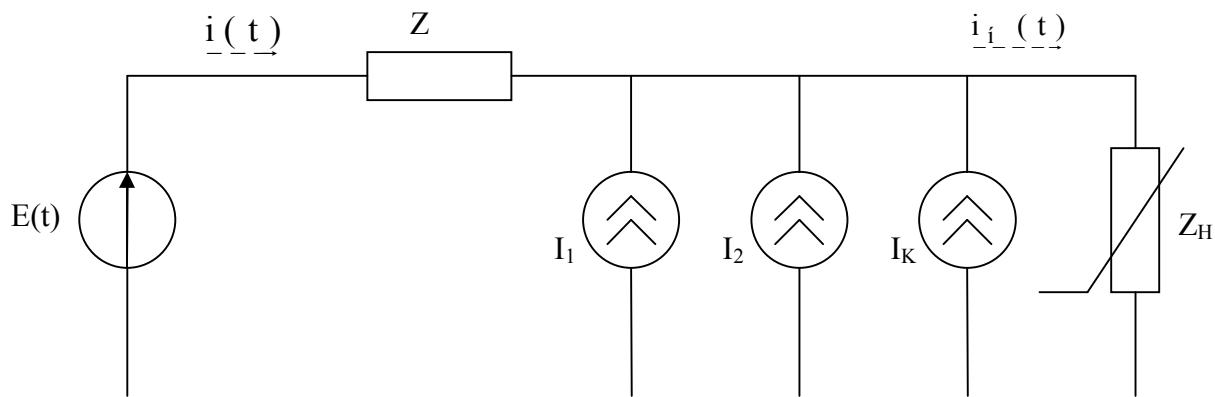


Рис. 1. Компенсатор гармонійних складових струму

У такій схемі джерела струму компенсують вплив гармонійних з частотами кратними частоті ω , присутніми в струмі нелінійного навантаження. В результаті цього $i(t)$ по формі стає близьким до $E(t)$, що сприяє оптимізації передачі енергії від джерела до навантаження. При цьому параметри джерел струму I_1, I_2, \dots, I_n повинні відповідати параметрам гармонік струму нелінійного навантаження.

Очевидно що якість оптимізації передачі електроенергії буде залежати від кількості джерел струму і від степені відповідності їх параметрів параметрам гармоні.

Параметри нелінійного навантаження, тобто параметри гармонік з часом можуть змінюватися в широких межах. Ця обставина призводить до необхідності неперервного керування оптимізуемым

приладом таким чином, щоб утворюючи цим приладом струми компенсували гармоніки струму нелінійного пристрою у будь-який час. Таким чином, оптимізація процесу передачі електричної енергії при нелінійних навантаженнях зводиться до процесів зміни параметрів гармонік струму нелінійного елемента та налаштування компенсуючих пристроїв у відповідності з параметрами гармонік. Схема оптимізації передачі електричної енергії при нелінійних навантаженнях буде мати вигляд, наведений на рис. 2.

Вимірювач параметрів гармонік (ВПГ), використовуючи алгоритм швидкого перетворення Фур'є (БПФ) розраховує амплітуди і початкові фази гармонік струму нелінійного елемента $i_n(t)$ і формує управляючий сигнал, який подається на керуючий активний фільтр гармонік (КАФГ).

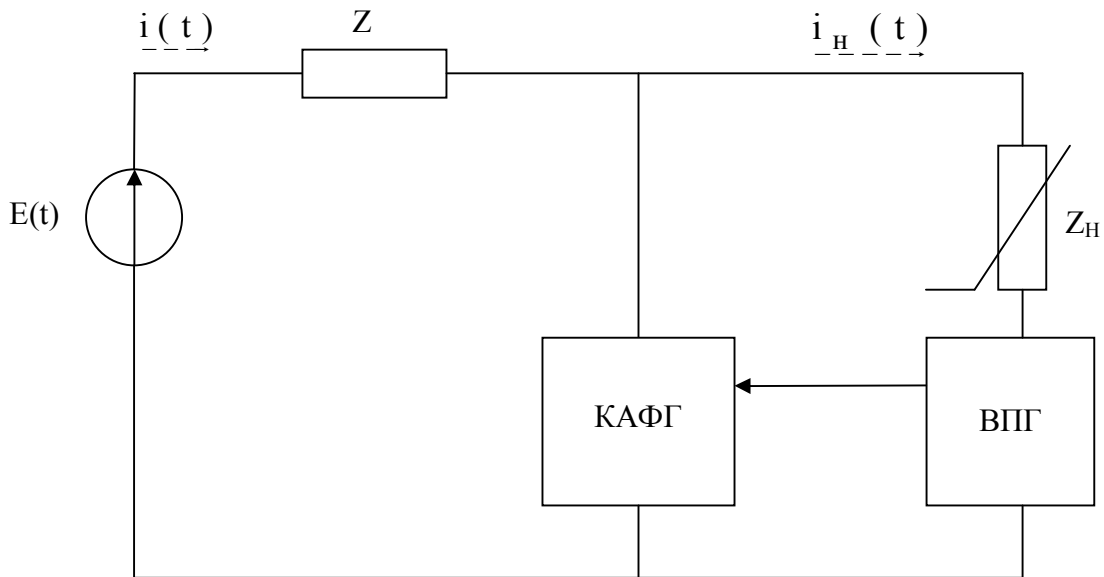


Рис. 2. Оптимізатор передачі електроенергії від джерела до нелінійного споживача

Робота цього фільтру відповідає роботі керованих джерел струму, в результаті чого форма струму $i(t)$ приблизно відповідає формі $E(t)$, тобто, виконується умова оптимізації передачі електричної енергії від джерела в нелінійне навантаження.

Висновки

Розглянуті схеми компенсації енергетичних втрат при передачі електричної енергії гармонійного струму в нелінійних навантаженнях, показують, що якість оптимізації передачі електроенергії буде залежити від кількості джерел струму і від ступеня відповідності їх параметрам гармонік.

Список літератури

1. Нейман Л.Р. Теоретические основы электротехники / Л.Р. Нейман, К.С. Деминчан. – Т. 1, 2. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 948 с.

2. Дрехслер Р. Коэффициент мощности и потери в сети при несимметричном и нелинейном потреблении / Р. Дрехслер // Электричество : научн. журнал. – 1982. – № 2. – С. 12 – 16.

3. Шидловський А.К. Частотно-регулируемые источники реактивной мощности / А.К. Шидловський, В.С. Федий. – К.: Наукова думка, 1980. – 304 с.

4. Солодуха Я.Ю. Реактивная мощность в сетях с несинусоидальными токами и статистические устройства для ее компенсации / Я.Ю. Солодуха. – М.: Информэлектро, 1981. – 88 с.

5. Жарков Ф.П. Оптимизация энергопередачи при несинусоидальных режимах / Ф.П. Жарков. – М.: МЭИ, 1992. – 56 с.

Надійшла до редакції 23.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ИСТОЧНИКА К НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКЕ

Г.В. Тамахин, В.Д. Дзивицкий

В статье исследована проблема эффективной передачи электрической энергии от источников электрической энергии гармонического тока к нелинейной нагрузке. Проведен анализ явлений, приводящих к потерям энергии в случае такой передачи. Предложена схема компенсации энергетических потерь при переменных параметрах номинальной нагрузки.

Ключевые слова: передача электрической энергии, эффективность, расход энергии, несинусоидальные токи, оборудование компенсации.

ELECTRIC POWER TRANSMISSION FROM SOURCE TO NON-LINEAR LOAD OPTIMIZING

H.V. Tamakhin, V.D. Dzivitskiy

The article studies problem of electrical energy efficient transmission from harmonic current electrical energy source to non-linear load. The analysis of events leading to loss of energy in such transfer case performed. Scheme of variable parameters nominal load energy losses compensation proposed.

Keywords: electric energy transmission, efficiency, power consumption, non-sinusoidal currents, compensation equipment.

УДК 004.932

В.Г. Худов¹, І.А. Хижняк², О.А. Петров³¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків² Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків³ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

РОЙОВИЙ МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Встановлюється, що використання відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, не забезпечує стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення. Теоретично обґрунтована можливість використання ройового методу сегментування оптико-електронних зображень, визначена цільова функція при вирішенні задачі кластеризації мультиспектрального знімку.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, сегментування, ройовий метод, цільова функція, кластеризація, бортова система, оптимізаційна задача.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо [1-4], що в сучасних умовах ведення мережецентричних, гібридних війн, антитерористичної операції (АТО) на території Донецької та Луганської близько 80% розвідувальних завдань, 60% завдань по забезпеченню охорони та 50% завдань по забезпеченню вогневого ураження вирішується за допомогою інформації, що отримується з бортових систем спостереження (безпілотні літальні апарати (БПЛА), космічні системи спостереження).

Використання інформації бортових систем спостереження дозволить [5]:

- значно підвищити ефективність застосування озброєння і військової техніки;
- забезпечити економію сил та засобів при гарантованому ураженні об'єктів противника;
- створити умови для оперативного управління ресурсами сил та засобів;
- забезпечити можливість швидкого зосередження необхідних сил та засобів на критичних напрямках ведення бойових дій;
- здійснити необхідну тривалість спостереження за територією противника з метою своєчасного розкриття його замислу та визначення складу сил та засобів;
- забезпечити стійку інформаційну підтримку бойових дій військ в різних умовах.

Результат обробки зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, залежить від якості сегментування зображень, особливо з урахуванням особливостей їх отримання (різномірний фон, варіабельність різних частин зображення, наявність шумів) [4, 6-8]. Отже, при використанні відомих методів сегментування

зображення не завжди вдається забезпечити стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення (топологічних, геометричних, фотометричних).

Мета статті – теоретично обґрунтувати можливість використання ройових методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Систематизація та аналіз ефективності сучасних методів сегментування зображення наведено в [6-11]. Встановлено, що в теперішній час не існує загальної теорії сегментування зображень бортових систем оптико-електронного спостереження, яка дозволяє отримати вичерпні рекомендації щодо оптимального вибору методу сегментування та набору вхідних даних [11]. Виділяють такі ознаки якісного сегментування [6]:

- однорідність області по характеристикам (в першу чергу, по кольору та текстурі);
- відмінність значень обраних характеристик для суміжних областей зображення;
- гладкість границь кожного сегменту зображення;
- незначна кількість «дірок» у сегменті.

Враховуючи перераховане вище, витікають три основні види можливих недоліків сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження [6]:

- неправильне сегментування, коли контури розподілу не співпадають з границями об'єктів на зображенні;
- пересегментування, коли має місце збільшений розподіл зображення на області;
- недосегментування, коли має місце недостатній розподіл зображення на області.

Зазвичай методи сегментування використовують декілька параметрів, підбираючи які можна уникнути останніх двох недоліків. Однак, перший недолік можна уникнути лише вибором методу сегментування. Відомо, що найбільш ефективні методи сегментування розроблені для конкретних завдань з урахуванням специфіки зображення [6, 12-14].

В останній час для сегментування зображення все частіше застосовуються методи штучного інтелекту, наприклад, генетичні методи [15, 16]. Генетичні методи – самостійний розділ теорії штучного інтелекту – еволюційних обчислень, які засновані на математичному моделюванні процесів біологічної еволюції. Генетичні алгоритми застосовуються для вирішення оптимізаційних задач, їх предметна область включає проблеми комбінаторики, біоінформатики, теорії ігор, а також – обробка і розпізнавання образів, зокрема зображень [16].

Для сегментування зображення також використовуються штучні нейронні мережі, які дають добрі результати, але при цьому необхідно обов'язково мати оптимальне налаштування параметрів мереж [17].

При сегментуванні зображення часто використовується метод k -середніх, який засновано на мінімізації середньоквадратичної помилки [17]. З використанням методу k -середніх проводиться кластеризація точок (пікселів) на зображенні – будується k різних кластерів. Вибір кількості кластерів k , як правило, базується на результатах попередніх досліджень або на основі оцінки людиною. Загальна ідея методу полягає в тому, що для заданої k кількості кластерів необхідно знайти множину кластерів таким чином, щоб середні значення яскравості в кластерах максимально відрізнялися одне від іншого [17]. В роботі [17] розглянута модифікація методу сегментування k -середніх з використанням методу мурашиних колоній.

В роботі [11] теоретично обґрунтована можливість використання мультиагентного методу сегментування оптико-електронних зображень, визначений оптимальний рух агентів при сегментуванні оптико-електронного зображення.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

В роботі для сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження, будемо розглядати нові методи, які відносяться до еволюційних методів та засновані на моделюванні соціальної поведінки живих істот – ройові методи (PSO – particle swarm optimization) та мурашині методи (AS – ant system). Більш детальніше розглянемо простіший ройовий метод сегментування оптико-електронного зображення.

При викладенні матеріалу будемо опиратися на роботи [18, 19].

Ройові методи – методи стохастичної оптимізації, що моделюють складні розрахункові задачі з використанням поведінки зграйних природних організмів (зграя птахів, зграя комах в рої, косяк риб й т.п.) [19, 20]. Початкова популяція можливих рішень так, як і в еволюційних алгоритмах генерується випадковим чином, а далі з використанням ітеративних методів ведеться пошук оптимального (субоптимального) рішення.

Простіший ройовий метод використовує рій частинок, поведінка якої в гіперпросторі пошуку рішення увесь час підлаштовується у відповідності зі своїм досвідом та досвідом своїх сусідів. Окрім того, кожна частинка пам'ятає свою кращу позицію з досягнутим локальним найкращим значенням цільової (фітнес-) функції та знає найкращу позицію частинок – своїх сусідів, де досягнуто глобальний на поточний момент оптимум. У процесі пошуку частинки рою обмінюються інформацією про досягнуті кращі результати і змінюють свої позиції та швидкості за певними правилами на основі існуючої на поточний момент інформації про локальні й глобальні досягнення. При цьому глобальний кращий результат відомий усім частинкам і негайно корегується у тому випадку, коли деяка частинка рою знаходить кращу позицію з результатом, що перевершує поточний глобальний оптимум. Кожна частинка зберігає значення координат своєї траєкторії з відповідними кращими значеннями цільової функції, які позначимо u_i , котра відображає когнітивну компоненту. Аналогічно значення глобального оптимуму, яке досягнуте частинками рою, будемо позначати \hat{y}_i , що відображає соціальну компоненту. Таким чином, кожна частинка рою підпорядковується достатньо простим правилам поведінки, які формально викладаються нижче та враховують локальний успіх кожної особи та глобальний оптимум усіх осіб (або деякої кількості сусідів) рою.

Кожна i -та частинка має такі характеристики, як швидкість $v_i(t)$ та місцезнаходження $x_i(t)$ у момент часу t [19].

Місцезнаходження частинок змінюється у відповідності з виразом (1):

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1), \quad (1)$$

де $x_i(0) \in [x_{\min}, x_{\max}]$.

Процесом пошуку рішення управляє вектор швидкості $v_i(t+1)$. Даний вектор складається з компонент, для розрахунку яких використовується когнітивна й соціальна складові рою:

$$v_{ij}(t+1) = wv_{ij}(t) + c_1r_{1j}(t)[y_{ij}(t) - x_{ij}(t)] + c_2r_{2j}(t)[\hat{y}_j(t) - x_{ij}(t)], \quad (2)$$

де w - коефіцієнт інерції (емпіричний коефіцієнт);

$v_{ij}(t)$ – j -та компонента швидкості ($j = \overline{1, n_x}$) частинки i в момент t ;
 $x_{ij}(t)$ – j -та координата позиції частинки i ;
 c_1 та c_2 – коефіцієнти прискорення (позитивні);
 $r_{1j}(t), r_{2j}(t) \in [0, 1]$ – випадкові величини від $[0, 1]$, задача яких вносити випадковість в процес пошуку;
 $y_{ij}(t)$ – найкраща позиція частинки i по координаті j .

Коефіцієнт c_1 є когнітивним (пізнавальним) параметром, що відображає довіру частинки до її особистого минулого, коефіцієнт відповідає за виявлення нових областей в просторі пошуку. Коефіцієнт c_2 є соціальним параметром, що показує, наскільки частинка довіряє рою, коефіцієнт відповідає за дослідження околиць перспективної області, що знайдена раніше.

Коефіцієнт інерції (емпіричний коефіцієнт) w відповідає за зміну швидкості та управління виявленням нових областей та пошуком в околицях перспективної області.

Для задачі мінімізації краща позиція (g_{best}) в момент $(t+1)$ розраховується таким чином:

$$y_i(t+1) = \begin{cases} y_i(t), & \text{if } f(x_i(t+1)) \geq f(y_i(t)); \\ x_i(t+1), & \text{if } f(x_i(t+1)) < f(y_i(t)), \end{cases} \quad (3)$$

де $f: \mathbb{R}^{n_x} \rightarrow \mathbb{R}$ – цільова функція, яка визначає, наскільки поточне рішення близьке до оптимального.

$\hat{y}_j(t)$ (p_{best}) в момент t розраховується таким чином:

$$\begin{aligned} \hat{y}(t) &\in \{y_0(t), \dots, y_{n_s}(t)\}; \\ f(\hat{y}(t)) &= \min \{f(y_0(t)), \dots, f(y_{n_s}(t))\}, \end{aligned} \quad (4)$$

де n_s – загальне число частинок рою.

Дані дії повторюються з кожною частинкою під час пошуку. Приріст швидкості є величиною фіксованою, що забезпечує сходимість методу. Обчислення повторюються до тих пір, поки не буде досягнута задана кількість ітерацій або до тих пір, поки приріст швидкості не стане достатньо близьким до нуля. Якість частинок вимірюється цільовою (фітнес) функцією, яка відображає оптимальність відповідного рішення. Вибір цільової функції для сегментування оптико-електронних зображень не розглядається в роботі, а є предметом подальших досліджень.

Наприклад, в роботах [21, 22] цільова функція при вирішенні задачі кластеризації мультиспектрального знімку визначається виразом [5]:

$$f(x_i, Z) = w_1 \bar{d}_{\max}(Z, x_i) + w_2 (z_{\max} - d_{\min}(x_i)), \quad (5)$$

де z_{\max} – максимальне значення пікселя в мультиспектральному зображенні;

Z – матриця належності пік селів кластерам частинки i .

Кожен елемент z_{ijp} показує, чи належить піксель z_p кластеру c_{ij} частинки i . Константи w_1 та w_2 є визначеними. Максимальна евклідова відстань від частинок до асоційованих з ними кластерів визначається за виразом (6):

$$\begin{aligned} \bar{d}_{\max}(Z, x_i) &= \\ &= \max_{j=1 \dots N_c} \left\{ \sum_{z_p \in c_{ij}} d(z_p, m_{ij}) / |c_{ij}| \right\}, \end{aligned} \quad (6)$$

де $|c_{ij}|$ – потужність множини c_{ij} .

Мінімальна евклідова відстань між усіма парами кластерів визначається виразом (7):

$$d_{\min}(x_i) = \max_{\forall j_1, j_2, j_1 \neq j_2} \{d(m_{j_1}, m_{j_2})\}, \quad (7)$$

де m_{ij} відповідає вектору центру j -го кластеру i -ої частинки.

Цільова функція (5) забезпечує виконання двох оптимізаційних задач:

- зведення до мінімуму внутрішніх відстаней між пік селями кластерів та їх середніми

$\bar{d}_{\max}(Z, x_i)$;

- зведення до максимуму зовнішніх відстаней міжлюбими парами кластерів, що забезпечується $d_{\min}(x_i)$.

Пріоритети між наведеними задачами можуть бути визначені за рахунок коефіцієнтів w_1 та w_2 .

Висновки і напрямки подальших досліджень

Таким чином, встановлено, що при використанні відомих методів сегментування зображення не завжди вдається забезпечити стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення (топологічних, геометричних, фотометричних).

Теоретично обгрунтована можливість використання ройового методу сегментування оптико-електронних зображень, визначена цільова функція при вирішенні задачі кластеризації мультиспектрального знімку.

Напрямок подальших досліджень є вибір цільової функції при сегментуванні зображення, що отримане з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Список літератури

1. Савин Л.В. *Сетецентрическая и сетевая война. Введение в концепцию.* М.: Евразийское движение, 2011. – 130 с.
2. Башинский В.Г., Бзот В.Б., Жилин Е.И. и др. *Малогобаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS): монография.* Запорожье: изд. АО «Мотор-Сич», 2014. 261 с.
3. Застосування БпЛА в конфліктах сучасності: Ю.К. Зіатдінов, М.В. Куклінський, А.Л. Феценко, С.П. Мосов (ред.). К., 2013. 369 с.
4. Худов В.Г., Маковейчук О.М. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.* 2016. № 2 (23). С. 142-145.
5. Методические основы системных исследований и решения проблем технического оснащения вооруженных сил государства: монография / коллектив авторов; под ред. Б.А.Демидова и О.П.Коростелева. Кн. 1. К.: Издательский дом «Стилос», 2016. 655 с.
6. Барталев С.А., Ховратович Т.С. Анализ возможностей применения методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2011. Т. 8. № 1. С. 44-62.
7. Смеляков К.С. Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: дис. ... канд. техн. наук / Харьковский университет Воздушных Сил. Харьков, 2005. 162 с.
8. Смеляков К.С., Романенко И.А., Рубан И.В., Кириллова Н.И., Шитова О.В. Методы сегментации изображений объектов нерегулярного вида, особенности их применения и перспективы развития // *Збірник наукових праць ХУПС.* 2010. Вип. 2 (24). С. 92-97.
9. Стружайло В.В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений. *Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э.Баумана. [Электронный ресурс]. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/411847.html> / (дата обращения 16.04.2017).*
10. Самойленко Д.Е. Структурная сегментация изображений // *Штучний інтелект.* 2004. № 4. С. 521-528.
11. Худов В.Г. Мультиагентный метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження // *Системи озброєння і військова техніка.* 2016. № 3 (47). С. 116-119.
12. Барталев С.А., Егоров В.А., Крылов А.М., Стыценко Ф.В., Ховратович Т.С. Исследование возможностей оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2010. Т. 7. № 3. С. 215-225.
13. Златопольский А.А. Выделение на изображении однородных участков с неполными границами // *Исследование Земли из космоса.* 1985. № 1. С. 94-102.
14. Левашкина А.О., Поршнев С.В. Исследование супервизорных критериев оценки качества сегментации изображений // *Известия Томского политехнического университета.* 2008. Т. 313. № 5. С. 28-33.
15. Махно Т.А. Автоматизированная система обработки ультразвуковых изображений сонных артерий на основе эволюционных алгоритмов // *Электротехнические и компьютерные системы.* 2015. № 18 (94). С. 92-99.
16. Худов В.Г., Маковейчук О.М. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження. // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.* 2016. № 2. С. 142-145.
17. Эль-Хатиб С.А., Эль-Хатиб А.И., Скобцов Ю.А. Сегментация изображений методом муравьиных колоний // *Вестник Херсонского национального технического университета.* 2013. № 1 (46). С. 204-211.
18. Скобцов Ю.А., Эль-Хатиб С.А. Компьютерная система сегментации медицинских изображений методом роя частиц // *Вестник НТУ «ХПИ».* 2015. № 33 (1142). С. 144-151.
19. Эль-Хатиб С.А. Сегментация изображений с помощью смешанного и экспоненциального алгоритмов роя частиц // *Информатика и кибернетика.* 2015. № 1. С. 126-133.
20. Скобцов Ю.А., Сперанский Д.В. Эволюционные вычисления: учебное пособие. М.: Национальный открытый университет «ИНТУИТ», 2015. 331 с.
21. Вериковский Е.А. Роевой алгоритм оптимизации в задаче кластеризации мультиспектрального снимка // *Известия ЮФУ.* 2015. № 3. С. 102-107.
22. *An Analysis of Particle Swarm Optimizers / Bergh F., PhD Thesis, University of Pretoria, South Africa, 2002.*

Надійшла до редколегії 16.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніка, Харків.

РОЕВЫЙ МЕТОД СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БОРТОВЫХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

В.Г. Худов, И.А. Хижняк, О.А. Петров

Устанавливается, что использование известных методов сегментации изображений, полученных с бортовых систем оптико-электронного наблюдения, не обеспечивает стойкость методов сегментации к вариациям различных параметров изображения. Теоретически обоснована возможность использования роевого метода сегментации оптико-электронных изображений, определена целевая функция при решении задачи кластеризации мультиспектрального снимка.

Ключевые слова: оптико-электронное изображение, сегментация, роевой метод, целевая функция, кластеризация, бортовая система, оптимизационная задача.

SWARM METHOD OF SEGMENTATION OF IMAGES RECEIVED FROM ON-BOARD OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS

V.G. Khudov, I.A. Khizhnyak, A.A. Petrov

It is established that the use of known methods of image segmentation obtained from on-board optical-electronic surveillance systems does not ensure the resistance of segmentation methods to variations in various image parameters. Theoretically, the possibility of using the roving method of optical-electronic image segmentation was substantiated, and the objective function was determined when solving the problem of clustering a multispectral image.

Keywords: optic-electronic image, segmentation, swarm method, objective function, clustering, airborne system, optimization problem.

УДК 629.1.07

М.Л. Шуляк¹, А.Т. Лебедев¹, М.П. Артёмов¹, В.П. Мальцев²¹ Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Харків² Інститут радіофізики і електроніки імені О.Я. Усикова НАН України, Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ

В роботі обґрунтовано режим постійної швидкості, як найкращий з позиції енергозбереження, запропоновано алгоритм керування режимами роботи агрегату та інформаційний комплекс для його реалізації. Проведеними експериментальними дослідженнями встановлено, що функціонування агрегату в режимі, котрий найбільш наближений до постійної швидкості, є найкращим з позиції паливної економичності. Також підтверджено вплив зміни маси вантажу на функціональні параметри транспортного агрегату.

Ключевые слова: транспортний агрегат, динаміка агрегата, центр мас, прискорення.

Вступ

Збільшення використання на транспортних роботах енергонасичених тракторів призвело до суттєвого збільшення маси вантажу, що транспортується. Проте основна проблема транспортних операцій, які на даний момент становлять 35 % від річної зайнятості трактора, залишається невирішеною, і зумовлена суттєвим недовантаженням двигуна. В той же час зміна маси вантажу під час виконання транспортно-технологічної операції додатково дестабілізує роботу транспортного агрегату (ТА), що потребує детального експериментального дослідження.

Аналіз джерел інформації. В роботі [1] обґрунтована концепція енергозбереження трактору, на основі аналізу корисної роботи сил, прикладених до агрегату. В роботі [2] запропонована методика оцінки додаткових витрат енергії в режимі усталеного руху ТА, що викликані коливаннями сумарних тягової сили та сил опору. В роботі [3] отримано експериментальне підтвердження можливості вибору режиму роботи на основі динамічних функціональних параметрів, які були основою для алгоритму керування [4].

Мета і постановка задачі. Метою роботи є обґрунтування вибору режимів роботи ТА з вантажем змінної маси та розробка діагностичного комплексу для дослідження функціональних параметрів роботи агрегату.

Основна частина

Виконання трактором транспортних робіт пов'язане з великими витратами енергії, яка витрачається як безпосередньо на виконання самої транспортної операції, так і на динамічні процеси, що виникають в системі «трактор-знаряддя». В даному випадку рівняння руху транспортного агрегату можна записати у такому вигляді [5]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{m_m}{2} v^2 \right) + R_c v = \eta_m N_e, \quad (1)$$

де m_m – маса транспортного агрегату (трактор – робоче знаряддя), кг;

v – швидкість руху, м/с;

R_c – сила опору руху, Н;

η_m – тяговий ККД трактора;

N_e – номінальна потужність двигуна, кВт.

Перша складова даного рівняння характеризує несталі режим руху агрегату (розгін, повороти і т.д.), друга – сталий, визначається опором руху агрегату при певній швидкості.

З достатнім ступенем точності можна прийняти для певної швидкості руху транспортного агрегату, а R_c залежна, з одного боку, від транспортного процесу, дорожнього середовища і т.д.; з іншого боку, вона квадратично залежить, наприклад внаслідок аеродинамічного опору, від швидкості руху, тобто:

$$R_c = R_c(\ell) + kv + k_1 v^2, \quad (2)$$

де ℓ – поточне значення шляху, пройденого транспортним агрегатом від початку руху ($d\ell/dt = v$);

$R_c(\ell)$ – складова сили опору руху, що не залежить від швидкості агрегату і є функцією від ℓ ;

k, k_1 – постійні коефіцієнти.

В даному випадку рівняння (1) у функції ℓ з врахуванням (2) у відносних одиницях записується в безрозмірному вигляді:

$$\ell'' \ell' + r_c(\ell) \ell' + k \ell^2 + k_1 \ell^3 = \eta_m p, \quad (3)$$

де ℓ'', ℓ' – швидкості і прискорення агрегату на певній ділянці дороги;

r_c – опір руху;

p – потужність двигуна.

При допущенні, що витрата палива q двигуном є лінійною функцією потужності, справедливо:

$$q = p + a, \quad (4)$$

де a – постійна величина.

При проходженні транспортним агрегатом ділянки дороги ℓ за час T витрата палива двигуном трактора дорівнює інтегралу:

$$G = \int_0^m q dt = \frac{1}{\eta} \int_0^m (\ell'' \ell' + r_c(\ell) \ell' + k_1 \ell'^2 + k_2 \ell'^3) dt + \int_0^m a dt. \quad (5)$$

Для визначення оптимального закону управління на дорозі транспортним агрегатом для забезпечення мінімальної витрати палива досить знайти функцію $\ell(t)$, що доставляє мінімум функціоналу:

$$I = \int_0^m [\ell'' \ell' + r_c(\ell) \ell' + k_1 \ell'^2 + k_2 \ell'^3] dt \quad (6)$$

Функція $\ell(t)$ повинна задовольняти таким обмеженням:

$\ell'' \leq \ell''_{\max}$ – обмеження по максимальному прискоренню транспортного агрегату, що відображають умови роботи оператора і режими навантажень агрегату;

$\ell' \leq \ell'_{\max}$ – обмеження по максимальній швидкості, обумовлене в основному безпекою виконання транспортного процесу;

$p \leq p_{\max}$ – обмеження по двигуну, що відображає можливе його перевантаження.

Подібні завдання вирішуються варіаційними методами [5], відповідно до яких рівняння екстремалей визначаються з рівняння Ейлера-Пуассона для функціонала (6):

$$\ell''(2k + 6k_1 \ell') = 0. \quad (7)$$

Дане рівняння розпадається на два рівняння $\ell'' = 0$ і $2k + 6k_1 \ell' = 0$, рішеннями яких є $v = \text{const}$.

Отже, найменша витрата палива досягається при русі транспортного агрегату з постійною швидкістю. Даний висновок справедливий для будь-якої залежності сили опору руху r_c від поточного значення шляху, тобто $r_c(\ell)$ (члени, що містять функцію r_c в рівнянні Ейлера-Пуассона взаємно скорочуються).

Умова руху трактора з постійною швидкістю реалізується на більшості зарубіжних тракторів при застосуванні або багаторівневих двигунів (наприклад, фінські трактора Valtra, або двигунів постійної потужності, для яких характерний високий коефіцієнт запасу крутного моменту (відношення максимального моменту двигуна до номінального).

Також забезпечити режим постійної швидкості можливо з застосуванням алгоритму керування ре-

жимами роботи транспортного агрегату, що базується на аналізі області функціонування, що апроксимована еліпсоїдом [4, 6]. Реалізація представленого алгоритму полягає в виборі режимів роботи з найменшими коливаннями прискорення при усталеному русі агрегату та найбільшій питомій вазі ядра еліпсоїда (рис. 1).

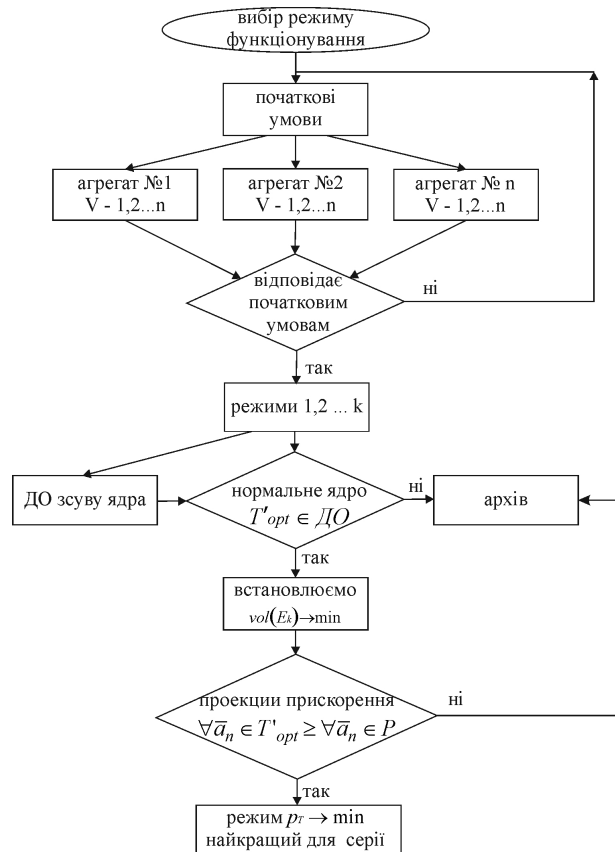


Рис. 1. Алгоритм вибору режиму роботи, в основу якого покладений аналіз області функціонування трактора

Запропонований алгоритм дозволить суттєво прискорити аналіз експериментальних даних та вибрати режим найбільш близький до оптимального, враховуючи як елементи класичної тягової методики, так і динамічні характеристики ТА. Врахування додаткових втрат енергії та напрямки їх зниження відкривають нові перспективи для підвищення ефективності використання ТА при виконанні транспортних операцій.

Реалізація алгоритму потребує розробки вимірювально-керуючого комплексу.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні задачі:

- елементи комплексу повинні надавати вичерпну інформацію для дослідження узагальнених параметрів функціональної стабільності;

- вимірювально-керуючий комплекс повинен надавати достовірну інформацію для подальшого аналізу, для чого потрібно застосовувати дублюючі системи;

- кількість елементів комплексу повинна бути обґрунтована та прагнути до необхідного мінімуму;
- програмне забезпечення для моніторингу, фільтрації та аналізу експериментальних даних повинно витратити мінімум ресурсів (необхідна складова для застосування комплексу з системами малої обчислювальної потужності);
- встановлення та калібрування вимірювальних елементів комплексу повинно займати не більше 30 хв.;
- при виборі складу вимірювального обладнання необхідно застосовувати обладнання, використання якого для наукових цілей не викликає сумнівів в світовому досвіді;
- синхронізація потоку дослідних даних отриманих з різних елементів комплексу.

Запропонований комплекс повинен забезпечувати виконання алгоритму керування за рахунок використання високочутливих датчиків та відповідного ПО. Одна з найбільш важких проблем яку необхідно вирішити це синтез вимірювальних датчиків, робота яких спирається на застосування принципово різних фізичних ефектів (індукція, електромагнітні коливання, радіохвилі). Для кожного з таких датчиків властиві свої спектри шумів, тому при роботі ПО потрібно використовувати алгоритми фільтрації здатні усунути цей недолік.

Світовий досвід доводить, що одним з найкращих варіантів вирішення цієї проблеми є застосування дублюючих систем моніторингу. При виборі систем дублювання необхідно пам'ятати, що застосування великої кількості вимірювального обладнання призведе до ускладнення проведення дослідів та знизить їх ефективність, тому необхідно застосовувати необхідний мінімум приладів. При обранні яких потрібно керуватися правилом – для визначення узагальнених параметри функціональної стабільності (прискорення, швидкість, буксування) застосовується не менше двох дублюючих систем. Наприклад для визначення прискорення окрім акселерометра застосувати радар чи лідар.

Застосування такого принципу комплектування вимірювально-керуючого комплексу дозволить, за умови відповідного фільтрування отриманих даних, коригувати режими роботи ТА спираючись на алгоритм керування.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що діагностичний комплекс моніторингу динамічних параметрів тягово-транспортних засобів включає вимірюючі датчики, систему збору та синхронізації даних, програмне забезпечення для фільтрації та аналізу експериментальних досліджень, який відрізняється тим, що вимірювання дійсної швидкості руху відбувається з застосуванням когерентного радару виконаного на гомодинній схемі, в конструкції якого передбачена можливість зміни

кута нахилу передаючої антени, а для вимірювання обертів рушія використовується датчик на основі ефекту Холла, що просто монтується на будь-який тип ТА за рахунок уніфікованої системи кріплення на неодимових магнітах, додатково до фільтрів вмонтованих в самі датчики додається система фільтрації, що програмується на відповідну чутливість, за вимогами споживача та розширене програмне забезпечення, що дозволяє порівнювати обрані режими функціонування за критерієм енергозбереження в режимі реального часу.

Вирішення завдання відбувається наступним чином запропонований комплекс (рис. 2) складається з чотирьох основних частин: радар, датчик на основі Холла, інерційний датчик прискорення та програмно аналітична складова.

Встановлення дійсної швидкості руху відбувається радаром визначеного діапазону. Відповідні частоти випромінюються за рахунок використання генератора на ЛПД 4 та феритового циркулятора 2 (ФЦ), а відбитий від опірної поверхні сигнал приймається антеною 1 (А), далі з використанням змішувача 3 (ЗМ) підсилюється доплеровські частоти 5 (ПДЧ), оброблений сигнал потрапляє в реєстраційний пристрій швидкості 7 (РПШ). Радар має автономне джерело живлення 6 (АДЖ) достатнє за ємністю для проведення довготривалих експериментів.

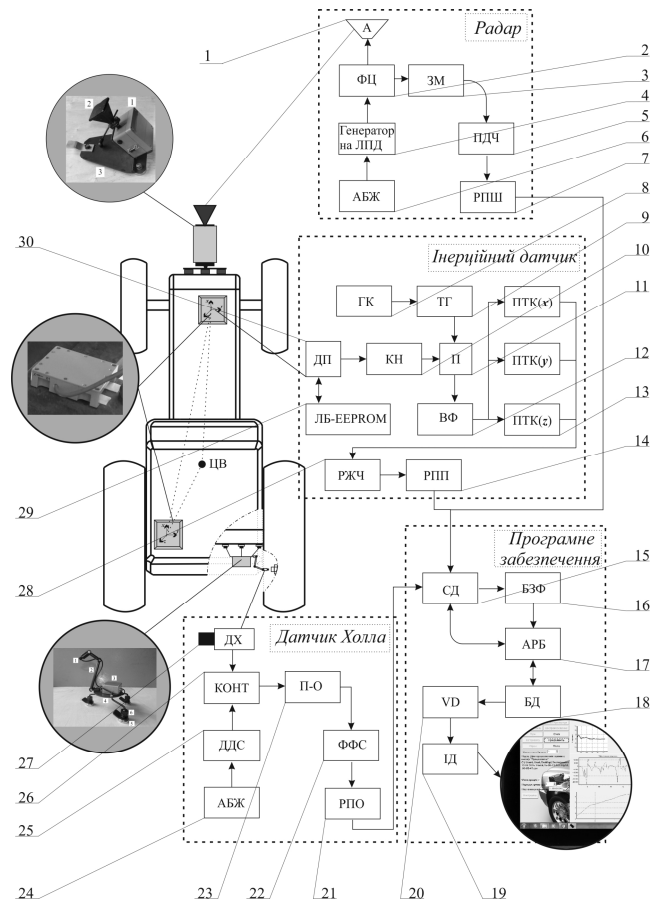


Рис. 2. Діагностичний комплекс моніторингу динамічних параметрів тягово-транспортних засобів

Для дослідження силових динамічних параметрів використовується інерційні датчики прискорення 30 (ДП), які розташовуються в довільних точках рами елементів ТА за умовою, що на кожний елемент встановлюється мінімум два датчика. Отримані данні конвертуються 10 (КН) та підсилюються 11 (П) з допомогою генератора частоти 8 (ГЧ) та тактового генератора 9 (ТГ). Далі підсилений сигнал потрапляє до вмонтованого в плату фільтру низьких частот 12 (ВФ) та корегується за допомогою пристрою температурної компенсації 13 (ПТК) для кожної з основних координатних осей. Датчик має можливість вибору режиму чутливості 28 (РЖЧ) та реєстраційний пристрій 14 (РПП). Передбачена система соматестування та корекції положення датчика 29 (ЛБ-EEPROM).

Оберти колеса визначаються за допомогою датчика Холла 27 (ДХ) живлення до якого підводиться від автономного джерела 24 (АДЖ) за допомогою двохполярного джерела струму 25 (ДДС). Керує роботою датчика контролер 26 (КОНТ), отриманий сигнал потрапляє в приймач-обмежувач 23 (П-О) після чого фільтрується від наявних флуктуаційних помилок 22 ФФС та реєструється в реєстраційному пристрої 21 (РПО) обертів колеса.

Подальшу обробку та синхронізацію експериментальних даних робить спеціальне програмне забезпечення. Дослідні данні, що надходять з реєстраційних пристроїв, синхронізуються за постійною часу та перевіряються на відповідність 15 (СД). Далі в блоці зовнішньої фільтрації 16 (БЗФ), де передбачені комплекти фільтрів для кожного з отриманих сигналів, виділяються необхідні для подальшого вивчення амплітудно-частотні спектри. Оброблені сигнали потрапляють до аналітично-розрахункового блоку 17 (АРБ) де математичний апарат проводить статистичну та спектральну оцінку та виявляє невідповідності сигналів, за наявності таких АРБ повторно звертається до СД і проводить фільтрацію з іншими налаштуваннями. Проаналізований дослід зберігається в банку даних 18 (БД) на жорсткому диску. Візуальне представлення параметрів, що фіксує діагностичний комплекс відбувається за допомогою програми «Vehicle dynamics v. 3.9.2» 20 (VD) на інформаційному дисплеї 19 (Д) ноутбука, чи планшета. Програмне забезпечення комплексу має можливість проводити аналіз отриманих даних, як безпосередньо під час проведення дослідження – в режимі реального часу, так і відтворювати експеримент в лабораторних умовах на основі даних з реєстраційних пристроїв.

Таким чином, запропонований діагностичний комплекс моніторингу динамічних параметрів тягово-транспортних засобів дозволяє з високою точністю досліджувати, в режимі реального часу, зміни параметрів роботи ТА та обирати оптимальні режими функціонування.

Експериментальні дослідження проводилися на агрегаті Challenger MT685D + причеп накопичувач ПБН – 30 при виконанні транспортування-перевантаження насіння сояшника, рис. 3.



Рис. 3. Транспортно-технологічний агрегат Challenger MT685D + ПБН – 30 (транспортування насіння сояшника)

Маса Challenger MT685D дорівнює 10300 кг, максимальна вага насіння сояшника при повному завантаженні по об'єму причепа дорівнює 11000 кг.

Дослідження проводилися при зміні маси вантажу в причепі, режими роботи корегувалися відповідно до зміни сумарної сили опору.

Дослідимо функціональну залежність зміни питомої ваги ядра еліпсоїда від маси вантажу причепа ПБН – 30 $p_{T1} = f(m_{вн})$ (рис. 4).

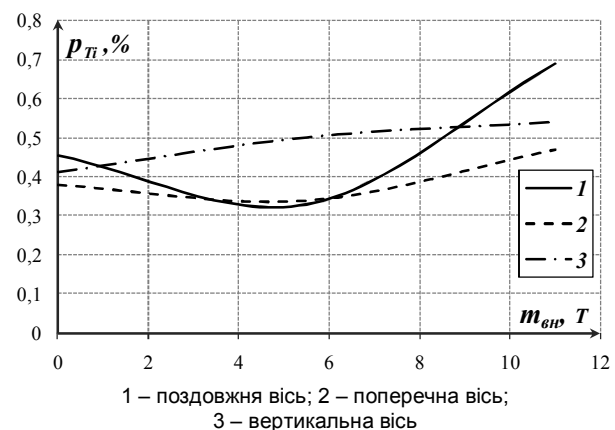


Рис. 4. Функціональна залежність питомої ваги ядра еліпсоїда та маси вантажу

Аналіз представленої графічної залежності дозволяє встановити дві цікаві закономірності зі збільшенням маси:

для вертикальної вісі майже за лінійною залежністю збільшуються і вага ядра, це просто пояснюється збільшення інерціальності системи, що зменшує розмах коливань прискорення і компоненти концентруються навколо математичного очікування; для поперечної та поздовжньої вісі характерне зниження ваги ядра при неповному завантаженні причепа, а найкращі показники досягаються при максимальній масі.

Вибір режиму роботи ТА спирається на потенційні можливості трактора та технологічні вимоги. Швидкість руху Challenger MT685D + ПБН – 30 за умов даного агрофону повинна становити 15 км/год. Таку швидкість можливо реалізувати на двох передачах трансмісії: «rabbit 17» та «rabbit 19». Годинна витрата палива для «rabbit 17» становить $G_{\text{год}} = 31,47$ л/год, а питома $g_e = 0,274$ кг/кВт на обертах $n_e = 1950$ хв⁻¹ реалізується необхідна швидкість руху. Для «rabbit 19» необхідно знизити частоту обертання колінчастого валу двигуна з $n_{e1} = 2150$ хв⁻¹ до $n_{e2} = 1750$ хв⁻¹, це дозволить більш повно завантажити двигун та покращити паливну економічність – $g_e = 0,268$ кг/кВт. Година витрата палива зменшиться $G_{\text{год}} = 30,83$ л/год на 0,907 л/год.

Проте слід зауважити, що вибрати раціональний режим для цього агрегату досить складно бо при його агрегуванні не було враховано відповідність гакового зусилля, тяговому опору причепа. При необхідному $P_{\text{так}} = 17,5-19$ кН, на передачах трансмісії, що дозволяють реалізувати потрібну швидкість, номінальне завантаження вдвічі більше: «rabbit 17» $P_{\text{так17}} = 44,5$ кН; «rabbit 19» $P_{\text{так19}} = 40,94$ кН. Тому для транспортування перевантаження насіння соняшника доцільно використовувати трактор з менш потужним двигуном або агрегувати трактор Challenger MT685D з причепом ПБН – 40.

Висновки

Запропонований алгоритм керування режимами роботи та діагностичний комплекс моніторингу динамічних параметрів тягово-транспортних засо-

бів, дозволяє зменшувати коливання прискорення агрегату тобто спрямовувати його функціонування в оптимальну область за критерієм енергозбереження. Експериментальні дослідження підтвердили, що функціонування агрегату в режимі, що найбільш наближений до постійної швидкості є найкращим з позиції паливної економічності. Також підтверджено вплив зміни маси вантажу на функціональні параметри транспортного агрегату.

Список літератури

1. Шуляк М.Л. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями / М.Л. Шуляк, А.Т. Лебедев, М.П. Артьомов, С.І. Калінін // *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів* – 2016. – № 4. – С. 218 – 226.
2. Подригало М.А. Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно тяговых машин / М.А. Подригало, Н.П. Артемов, Д.В. Абрамов, М.Л. Шуляк // *Механіка та машинобудування «ХП»*. – Харків: ХП, 2015. – Вип. № 9. – С. 98 – 107.
3. Шуляк М.Л. Вибір оптимального режиму функціонування агрегату на основі динамічних параметрів / М.Л. Шуляк // *Інженерія природо користування* – 2015. – № 2 (4). – С. 85 – 91.
4. Шуляк М.Л. Вибір раціонального режиму роботи МТА на основі аналізу еліпсоїда функціонування / М.Л. Шуляк // *Інженерія природо користування* – 2016. – № 2 (6). – С. 99 – 104.
5. Гельфанд Н.М., Фомин С.В. Вариационные исчисление. – М.: Физматгиз, 1961. – 238 с.
6. Шуляк М.Л. Область функціонування машино-тракторного агрегату, що апроксимована поверхнею другого порядку / М.Л. Шуляк // *Технічні науки: зб. наук. праць ВНАУ*. – Вінниця: ВНАУ, 2016. – Вип. 1(93), т. 1. – С. 28 – 31.

Надійшла до редколегії 31.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА

М.Л. Шуляк, А.Т. Лебедев, Н.П. Артемов, В.П. Мальцев

В работе обоснован режим постоянной скорости, как лучший с точки зрения энергосбережения, предложен алгоритм управления режимами работы агрегата и информационный комплекс для его реализации. Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что функционирование агрегата в режиме, который больше всего приближен к постоянной скорости, является лучшим с точки зрения топливной экономичности. Также подтверждено влияние изменения массы груза на функциональные параметры транспортного агрегата.

Ключевые слова: транспортный агрегат, динамика агрегата, центр масс, ускорение.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ALGORITHM FOR CONTROLLING THE OPERATING MODES OF THE TRANSPORT UNIT

M.L. Shulyak, A.T. Lebedev, N.P. Artyomov, V.P. Maltsev

In the work the operating modes at the constant speed is justified, as the best from the point of view of energy saving. An algorithm for controlling the operation modes of the transport units and the information complex for its implementation are proposed. Experimental studies have shown that the operation of the transport units in the mode most closely approximated to a constant speed is the best of the fuel efficiency. The effect of changing the mass of the load on the functional parameters of the transport unit has also been confirmed.

Keywords: transport unit, unit dynamics, center of mass, acceleration.

Математичні моделі та методи

УДК 621.396.26

Ю.Н. Корж, А.И. Тыртышников, М.А. Маврина, В.Н. Курчанов

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Украина

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИЗВЕСТНЫМ ТРЕНДОМ

В статье рассмотрены особенности моделирования нестационарных случайных процессов с участками различными по величине и скорости изменения дисперсии. Показано, что непосредственный расчёт корреляционной матрицы по реализациям равносильно произведению нормированной корреляционной функции, которая может быть априорно известна, и тренда. Результаты моделирования показали также адаптацию значений весовых коэффициентов прогнозирующего фильтра к величине и знаку градиента дисперсии.

Ключевые слова: цифровой фильтр, ошибка предсказания, нестационарный случайный коррелированный процесс.

Введение

Задача прогнозирования случайных процессов (СП) в настоящее время является актуальной и находит широкое применение в различных технических системах [1 – 3].

Оценка отсчётов коррелированного СП осуществляется фильтрами предсказания (прогнозирующими фильтрами, фильтрами предикторами) [1,2] которые, используя статистическую связь отсчётов, позволяют посредством весового суммирования получить с приемлемой точностью оценку требуемого параметра.

Такие фильтры – это неотъемлемая составляющая оборудования радиоэлектронных систем различного назначения: адаптивных антенных и акустических решеток; компенсаторов сигналов электрического эха в системах проводной связи; компенсаторов сигналов акустического эха в системах голосовой связи; эквалайзеров каналов связи в модемах; компенсаторов шумов; стабилизаторов напряжения в блоках питания.

Эффективность функционирования (длительность переходного процесса, уровень ошибок в установившемся режиме) устройств зависит от алгоритма, лежащего в основе используемого фильтра. Основным показателем качества фильтра предсказания – среднеквадратичная ошибка предсказания σ_e .

Линейное предсказание текущего значения отсчёта $y(n)$ – это вычислительная процедура, позволяющая по некоторой линейной комбинации предшествующих взвешенных отсчетов СП оценить это значение.

Линейный предиктор дает оптимальное по критерию минимума σ_e предсказание только для

стационарных случайных процессов (ССП). В данной статье рассматриваются процессы с непрерывными состояниями и дискретным временем.

Случайный процесс с дискретным временем называют стационарным, если распределение величин $Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_n}$ совпадает с распределением $Y_{t_1+t}, Y_{t_2+t}, \dots, Y_{t_n+t}$ для любого конечного множества целых чисел $\{t_1, \dots, t_n\}$ и любого целого t [3]. Случайная функция $X(t)$ называется *стационарной в широком смысле*, если ее математическое ожидание постоянно, а корреляционная функция зависит только от разности аргументов t_1 и t_2 : $R[x(t_1, t_2)] = R[x(\tau)]$, где $\tau = t_2 - t_1$. Случайная функция $X(t)$ называется стационарной в узком смысле, если ее n -мерный закон распределения при любом n зависит только от интервалов $t_2 - t_1$, и совсем не зависит от положения этих интервалов в области изменения аргумента t . В практических задачах обычно применяют понятие стационарной функции в широком смысле [8].

Если характеристики ССП (математическое ожидание, дисперсия и пр.) удалось, с заданной степенью точности найти, то задача прогноза становится достаточно простой.

Одним из важнейших свойств ССП является эргодичность, состоящая в том, что каждая отдельная реализация СП является как бы полномочным представителем всей совокупности возможных реализаций, что позволяет по одной реализации находить все необходимые характеристики СП. Понятно, что оценки этих величин с увеличением размера выборки будут только улучшаться и приближаться к их истинным значениям.

К нестационарным относятся все СП, не обладающие свойствами стационарности хотя бы в широком смысле. Характеристики нестационарного слу-

чайного процесса (НСП) в общем случае представляют собой некоторые функции времени, определить которые можно только осреднением по ансамблю реализаций, образующих процесс. В практических задачах часто представляется невозможным получить достаточно большое число реализаций для отыскания характеристик процесса с необходимой достоверностью. Исключением можно считать периодическое повторение реализаций, например отражённые от подстилающей поверхности эхо-сигналы в РЛС кругового обзора или переходные процессы в любой динамической системе при включении и выключении радиоэлектронной аппаратуры.

Во многих случаях в классе нестационарных процессов, соответствующих реальным физическим явлениям, можно выделить особые типы нестационарности, для которых задача оценивания и анализа упрощается. Например, некоторые случайные явления описываются НСП $\{Y(t)\}$, каждая реализация которого имеет вид $Y(t)=A(t)X(t)$, где $X(t)$ – реализация ССП $\{X(t)\}$, $A(t)$ – детерминированный множитель. Процессы такого типа имеют общий детерминированный тренд. Если нестационарный процесс соответствует конкретной модели такого типа, то для его описания нет необходимости производить осреднение по ансамблю: любые требуемые характеристики можно оценить по одной реализации, как и для эргодических процессов.

По своей природе ССП проще, чем нестационарные СП, и описываются более простыми характеристиками. Линейные преобразования ССП также обычно осуществляются проще, чем нестационарных.

Поэтому большинство известных нерекурсивных и рекурсивных алгоритмов используемых в фильтрах предсказания ориентировано на оценивание ССП. Простые градиентные алгоритмы, (Least Mean Squares, LMS) как правило, используются при аппаратной реализации адаптивных фильтров. Сложные RLS (Recursive Least Squares) и FAP (Fast Affine Projections) – алгоритмы в основном ориентированы на программную реализацию [2].

На практике большинство процессов являются нестационарными и получение оптимальных оценок усложняется. Это связано с тем, что, как правило, априори неизвестны характер нестационарности и закон её изменения во времени.

Существующие способы: сведения (НСП) к стационарному за счёт низкочастотной фильтрации [5]; разбиение на участки стационарности; выделение тренда среднего фильтровыми или регрессионными методами с последующим определением характера нестационарности (быстрая, медленная) [7] требуют анализа индивидуальных характеристик конкретного процесса.

Целью данной работы является разработка предложений по уменьшению ошибки прогноза отсчётов дискретного НСП. Эта задача решается путём упрощения и повышения точности расчёта корреляционной матрицы для априори известного или определяемого в наблюдениях тренда.

Расчёт весового вектора прогнозирующего фильтра для НСП

Оценка $\hat{y}(n)$ n -го отсчёта НСП в прогнозирующем фильтре формируется после линейного весового суммирования его предыдущих N значений.

Соответственно

$$\hat{y}(n) = \sum_{k=1}^N \dot{y}(n-k)w(n)_k, \quad (1)$$

где $w(n)_k$ – весовые коэффициенты фильтра, которые в общем случае зависят от номера отсчёта.

В матрично-векторной форме выражение (1) можно записать в виде

$$\hat{y}(nT) = \dot{Y}^T(n)\dot{W}(n), \quad (2)$$

где $\dot{Y}^T(n) = \|\dot{y}[(n-1)], \dot{y}[(n-2)], \dots, \dot{y}[(n-N)]\|$; $\dot{W}(n)^T = \|\dot{w}(n)_1, \dot{w}(n)_2, \dots, \dot{w}(n)_N\|$ – вектор-столбцы входных отсчётов и весовых коэффициентов фильтра соответственно.

Здесь и далее верхний индекс T обозначает транспонирование вектора.

В свою очередь, ошибка оценивания определяется как

$$e(n) = \dot{y}(n) - \dot{Y}^T(n)\dot{W}(n). \quad (3)$$

Соответственно дисперсия ошибки оценивания

$$\begin{aligned} \sigma_e^2(n) = \langle e^2(n) \rangle = \langle \dot{y}(n)\dot{y}(n)^* \rangle - \\ - 2\dot{W}(n)^T \langle \dot{y}(n)\dot{Y}(n) \rangle + \\ + \dot{W}(n)^T \langle \dot{Y}^*(n)\dot{Y}(n) \rangle \dot{W}(n). \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь: $\langle \cdot \rangle$, $*$ – операции статистического усреднения по ансамблю реализаций и комплексного сопряжения соответственно.

Соответственно $\sigma(n)_n^2 = \langle \dot{y}(n)\dot{y}(n)^* \rangle$ – дисперсия СП; $\dot{P}(n)^T = \langle \dot{y}(n)\dot{Y}^T(n) \rangle$ – вектор-столбец взаимных ковариаций между оцениваемым отсчётом и отсчётами, которые подвергаются весовому суммированию; $\Phi(n)_n = \langle \dot{Y}(n)^* \dot{Y}(n)^T \rangle$ – автоковариационная матрица (АКМ) СП.

Из уравнения $\partial y(n)_e^2 / \partial \dot{W}(n)^T = 0$ можно определить весовой вектор, обеспечивающий минимальную дисперсию ошибки предсказания.

Дифференцируя (4) по $\dot{W}(n)^T$, получаем [1]

$$\dot{W}(n)_\text{опт}^T = \Phi(n)_n^{-1} \dot{P}(n). \quad (5)$$

Следует отметить, что весовые коэффициенты фильтра предсказания для НСП определяются АКМ, которая изменяется во времени. Таким образом, возможно ожидать существенного изменения весового вектора для различных временных интервалов НСП.

Имитационная модель НСП

Введение формирующего фильтра для НСП имеет еще большее значение, чем для стационарных процессов, так как при этом представляется возможным решение задач анализа на имитационной модели. Это важное обстоятельство, так как системы с переменными параметрами не поддаются точным аналитическим расчетам [5].

Анализ по ансамблю реализаций соответствует принятию априорной модели НСП, так как только путем усреднения по множеству можно получить ту или иную функцию времени – текущую статистическую характеристику СП.

Для формирования квадратурных компонент коррелированных отсчетов ССП $y(n)$ использовалась имитационная модель дискретного СП скользящего среднего порядка q . Реализация модели осуществлялась в программе MathCad. Косинусные и синусные компоненты – мгновенные значения отсчетов СП вычисляются в выражении

$$y(n)^{C(S)} = \sum_{k=0}^q d_k Z_{k+\text{жп}}^{C(S)}, \quad (6)$$

где $d_k = e^{-2\pi(k-\frac{q}{2})^2}$ – весовые коэффициенты формирующего фильтра в соответствующих точках отсчета $k = 0..q$; Z_i – независимые случайные гауссовские величины с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией. Значение ζ определяет степень статистической взаимосвязи отсчетов процесса, т.е. корреляционной функции

$$R(\Phi) = R(0)e^{-(\tau/\tau_k)^2}, \quad (7)$$

где τ_k – интервал (коэффициент) корреляции.

Таким образом, генерируются отсчеты ССП с постоянной дисперсией и нулевым математическим ожиданием. Соответствие параметров имитационной модели ожидаемым характеристикам подтверждается графиками рис. 1, на котором приведены расчётные (обработка ансамбля реализаций) и теоретические, полученные по формуле (7) зависимости нормированной корреляционной функции СП $\rho(\tau) = R(\tau)/R(0)$.

В данном примере для расчета по формуле $\Phi_k = \int_0^{\infty} \rho(\tau) d\tau$ интервал корреляции составляет 10,05 Δ , где Δ – период дискретизации цифрового фильтра.

С приемлемой точностью τ_k так же можно определять и графически по уровню 0,5 (см. рис 1). Для этого же примера, максимальная относительная погрешность расчётного значения $\rho(\tau)$ при усреднении по $5 \cdot 10^3$ реализациям не превышает единиц процента.



Рис. 1. Расчётная и теоретическая нормированные корреляционные функции ССП

На рис. 2 приведены несколько реализаций модульного значения ССП с нулевым математическим ожиданием и дисперсией 30 db, нормированных по единичному уровню спектральной плотности собственных шумов, и интервалом корреляции 10 Δ по уровню 0,5 $\rho(\tau)$.

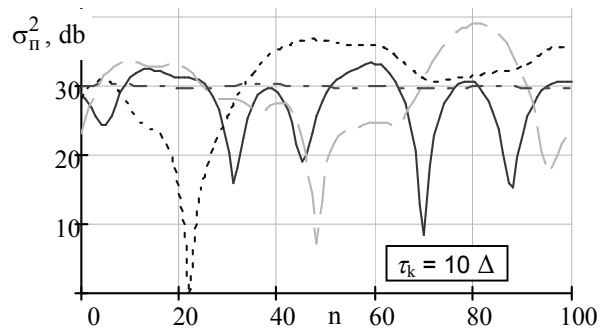


Рис. 2. Реализации ССП

При моделировании НСП учитывался тот факт, что зависимость математического ожидания от времени не является признаком нестационарности, так как всегда можно перейти к центрированной случайной функции, для которой математическое ожидание тождественно равно нулю и СП можно изучать как стационарный.

Таким образом, в качестве модели нестационарного процесса применялся СП с нулевым математическим ожиданием и дисперсией зависящей от времени.

Для формирования реализаций нестационарного по дисперсии СП использовалось ступенчатое,

начиная с некоторого отсчёта, изменение уровня мощности Z_i . В результате, согласно (6) формирующий фильтр генерирует отсчёты НСП, реализации которого приведены на рис. 3. Интервал корреляции, который можно определить на участках стационарности, как и для ССП составляет 10Δ .

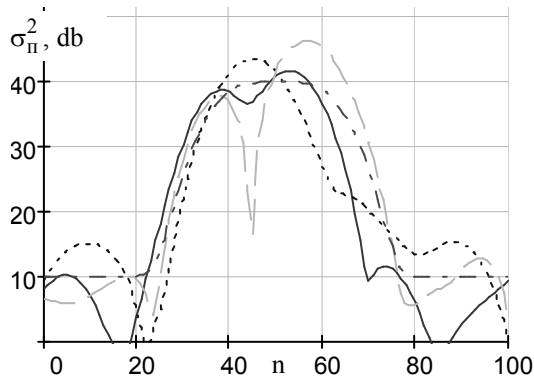


Рис. 3. Реализации НСП

На последующем рис. 4 представлен график закономерной зависимости дисперсии от времени – номера отсчёта.

График получен в результате статистического усреднения 10^4 реализаций. Имитационная модель позволяет изменять значение мощности СП в произвольные моменты времени за счёт стекового объединения Z_i . Модель позволяет также менять и одну из важных характеристик НСП – скорость изменения дисперсии НСП, значения модуля которой на участках возрастания и убывания в размерности db/Δ приведены на рис. 4.

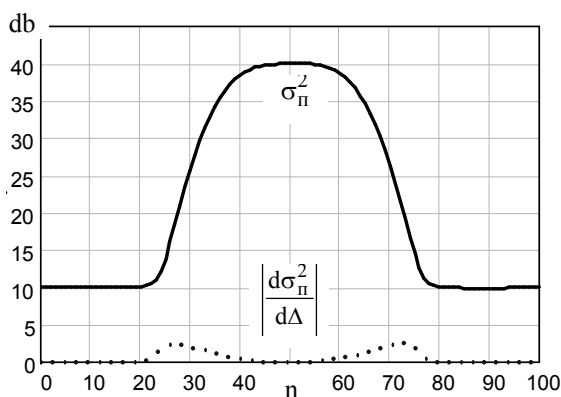


Рис. 4. Зависимость дисперсии НСП от номера отсчёта

Основные результаты исследований

Для оценки точности прогнозирования НСП необходимо рассчитывать весовой вектор по формуле (5) с дальнейшим определением ошибки оценивания по выражению (3).

Основная проблема обработки НСП состоит в трудности получения статистических характеристик по множеству реализаций, так как в большинстве

случаев СП наблюдается одной реализацией, в лучшем случае, с известным трендом. Следует отметить также, что для многих СП априори известна нормированная корреляционная функция. В данной модели имеется возможность многократной прогонки с формированием ансамбля реализаций достаточного для расчёта компонент АКМ с удовлетворительной точностью.

Но точнее и с меньшим количеством операций компоненты АКМ можно вычислять как произведение нормированной корреляционной функции и закономерной зависимости дисперсии (тренда) по формуле

$$\varphi(i,j) = \rho|i-j| \sigma(j)^2. \quad (8)$$

На рис. 5 показана зависимость компонент АКМ нестационарного по дисперсии СП с $\tau_k = 7\Delta$.

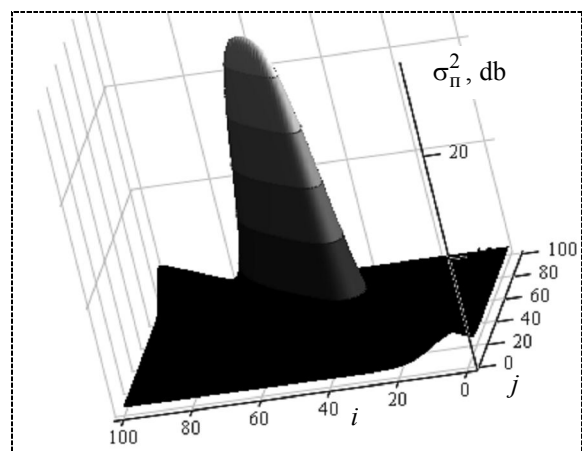


Рис. 5. Корреляционная функция НСП с участками возрастания и убывания дисперсии

На рис. 6 приведена зависимость весовых коэффициентов фильтра предсказания восьмого порядка от номера отсчёта для тех же параметров НСП.

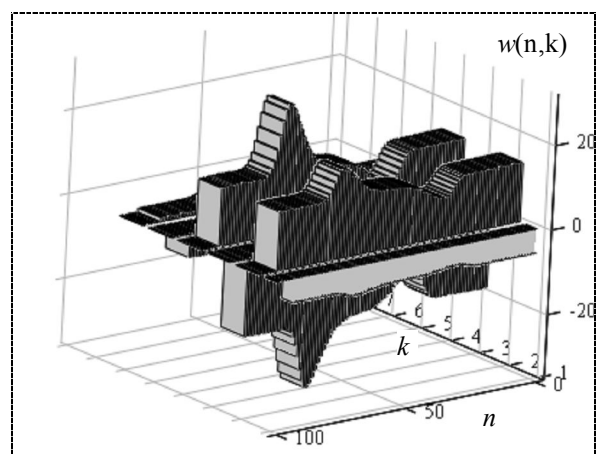


Рис. 6. Весовые коэффициенты фильтра предсказания для НСП с участками возрастания и убывания дисперсии

Можно отметить адаптацию значений весовых коэффициентов к изменению дисперсии: на участке

возрастания (положительный градиент дисперсии) все веса убывают, на участке убывания (отрицательный градиент) наоборот значения коэффициентов возрастают.

Значения ошибки предсказания, для фильтров различных порядков, рассчитанной по формуле (3) и нормированной по дисперсии СП показаны на рис. 7. Усреднение проводилось по $5 \cdot 10^3$ реализациям, $\tau_k = 7,5\Delta$. Можно отметить, что максимальная ошибка возникает на участке с максимальным градиентом дисперсии для фильтров всех порядков. Видно, что начиная с 5-6 порядка фильтра, точность оценивания практически не изменяется.

Эти зависимости приведены для НСП с участком только возрастания дисперсии.

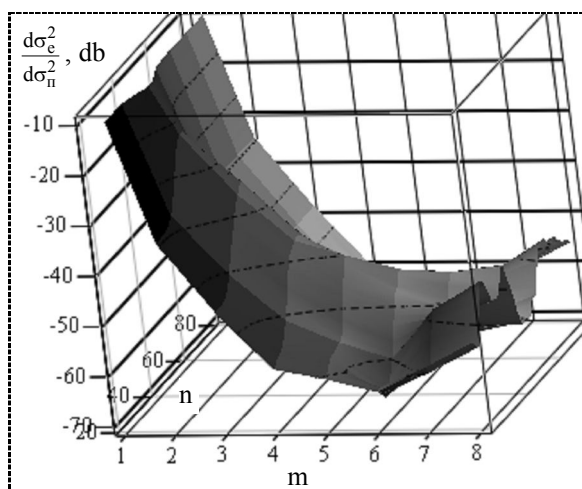


Рис. 7. Результаты обработки НСП в фильтрах предсказания различных порядков

Выводы

По результатам имитационного моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Непосредственный расчёт АКМ по реализациям НСП можно заменить произведением норми-

рованной корреляционной функции и закономерной зависимости дисперсии (тренда), что упрощает вычисления и увеличивает точность расчёта.

2. Ошибка предсказания нестационарного по дисперсии случайного процесса существенно зависит от скорости изменения дисперсии процесса – максимальна при наибольшем градиенте и минимизируется при порядке фильтра 5-6 и большем.

Список литературы

1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.
2. Джиган В.И. Быстрый RLS-алгоритм линейно-ограниченной адаптивной фильтрации нестационарных сигналов // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2005. №2. С. 72–80.
3. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочн. / Под ред. проф. Я.Д. Ширмана. М.: ЗАО «МАКВИС», 1998, 828. с.
4. Справочник по математике для экономистов: Учеб. пособие / Под ред. проф. В.И.Ермакова. М.: ИНФРАМ, 2007. 361 с.
5. Пивоваров Ю.Н., Тарасов В.Н., Селищев Д.Н.. Методы и средства оперативного анализа случайных процессов: Учебное пособие. Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ. 2004
6. Ljung L., Soderstrom T. Theory and practice of recursive identification. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press, 1986. 529 p.
7. Diniz P. S. R. Adaptive filtering algorithms and practical implementation. Third edition. New York, Springer Science + Business Media, 2008. 627 p.
8. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.
9. Ю.Н. Корж, С.В. Сомов, В.Н. Курчанов Оценка эффективности симметричных цифровых рекурсивных фильтров предсказания // Системы обработки информации. 2016. № 1(138). С. 22-25.

Надійшла до редколегії 29.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Л. Ляхов, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ З ВІДОМИМ ТРЕНДОМ

Ю.М. Корж, О.І. Тиртишніков, М.О. Мавріна, В.М. Курчанов

У статті розглянуто особливості моделювання нестационарних випадкових процесів з ділянками різними за величиною і швидкістю зміни дисперсії. Показано, що безпосередній розрахунок кореляційної матриці по реалізаціям еквівалентний добутку нормованої кореляційної функції, яка може бути априорно відома, і тренда. Результати моделювання показали також адаптацію значень вагових коефіцієнтів прогнозуючого фільтра до величини і знаку градієнта дисперсії.

Ключові слова: цифровий фільтр, помилка передбачення, нестационарний випадковий корельований процес.

PECULIARITIES OF THE PREDICTION OF NON-STATIONARY RANDOM PROCESSES WITH A KNOWN TREND

Y.M. Korzh, A.I. Tyrtysnikov, M.A. Mavrina, V.M. Kurchanov

In the article the features of modeling of non-stationary random processes with sections of variance in magnitude and rate of change of variance are considered. It is shown that the direct calculation of the correlation matrix for realizations is equivalent to the product of the normalized correlation function, which can be a priori known, and the trend. The simulation results also showed the adaptation of the values of the weighting coefficients of the predictive filter to the value and the sign of the dispersion gradient.

Keywords: digital filter error prediction transient correlated random process.

УДК 510.635

В.А. Лещинский, И.А. Лещинская

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОНЯТИЙ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ

В работе сформулированы условия разбиения множества понятий испытуемого на классы идентичных понятий. На этом множестве введен бинарный предикат, показано, что он является предикатом равенства. Рассмотрен вопрос существования понятий испытуемого в фактическом и логическом смыслах.

Ключевые слова: алгебра конечных предикатов, алгебра понятий, интеллект, высказывание.

Введение

Настоящая статья является продолжением ряда работ по методике формализации понятий человеческого интеллекта методом сравнения. В статье [1] предложен абстрактный эквивалент алгебры конечных предикатов – алгебра понятий. Элементы множества-носителя алгебры понятий интерпретируются как понятия интеллекта, вообще – как любые субъективные состояния человека, а операции алгебры понятий над этими элементами – как действия интеллекта над понятиями. Введен предикат равенства понятий и проанализирована его роль в механизме интеллекта. В статье [2] найдены и доказаны свойства предиката равенства понятий. Эти свойства проанализированы с точки зрения практического применения для идентификации интеллектуальной деятельности человека. В статье [3] исследованы условия применимости метода сравнения для идентификации интеллектуальной деятельности человека. Были рассмотрены вопросы постановки психологических экспериментов по этому методу, которые бы позволили формализовать понятия интеллекта человека и удовлетворяли физическим стандартам строгости. Введены множество A всех необходимых понятий интеллекта испытуемого и множество понятий A исследователя, порождающими понятия испытуемого. С целью определения того, являются ли разные понятия испытуемого идентичными, предложено рассмотреть строение понятий путем изучения их признаков.

В настоящей статье рассматриваются условия разбиения множества понятий испытуемого на классы идентичных понятий.

1. Формирование классов разбиения понятий

Рассмотрим задачу: как получить разбиение множества A . Предположим, что испытуемому дано задание P . Пусть на набор понятий $\xi' = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{i-1}, \alpha', \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_n)$ он реагирует положительным ответом, а на набор понятий $\xi'' = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{i-1}, \alpha'', \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_n)$ – отрицательным.

Имеется ввиду, что $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{i-1}, \alpha', \alpha'', \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_n$ – понятия исследователя, произвольно выбранные из множества A и выступающие в роли имен понятий испытуемого. Своими ответами испытуемый свидетельствует о том, что понятия исследователя α' и α'' порождают в его сознании различные понятия. Следовательно, α' и α'' обозначают различные понятия испытуемого. Таким образом, понятия исследователя α' и α'' должны быть размещены в разных классах разбиения множества A . То же самое надо сделать, если окажется, что $P(\xi')=0$ и $P(\xi'')=1$.

Если же опыт покажет, что $P(\xi')=0$ и $P(\xi'')=0$ или $P(\xi')=1$ и $P(\xi'')=1$, то одного этого факта еще недостаточно, чтобы признать понятия испытуемого, порождаемые понятиями исследователя α' и α'' , идентичными и поместить их в одном классе разбиения. Такой исход эксперимента означает лишь то, что испытуемый по-одинаковому реагирует на свои понятия α' и α'' (вне зависимости от того, совпадают ли они друг с другом или нет). Отсюда, однако, еще не следует, что он будет реагировать на те же понятия одинаково и при любом другом режиме их анализа. Достаточное основание к размещению понятий α' и α'' в одном классе разбиения мы получим лишь тогда, когда равенство $P(\xi')=P(\xi'')$ будет иметь место при любом выборе идей $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{i-1}, \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_n$, числа i и задания P . В этом случае с полным правом можно будет утверждать, что испытуемый не имеет никакой возможности различить свои понятия, числящиеся под именами α' и α'' . Таким образом, мы приходим к выводу, что в данном случае понятия исследователя α' и α'' порождают в сознании испытуемого одно и то же понятие.

Напрашивается вопрос, – а что будет, если исследователь не сможет отыскать эксперимент, разделяющий понятия α' и α'' , а между тем объективно такой опыт существует (в том смысле, что будучи кем-то указан, он мог бы быть реализован на практике). Такой случай вполне реален, если принять во внимание астрономическое число возможных экспе-

риментов. Не сделает ли это препятствие неэффективной предложенную выше процедуру формирования множества A , не превратится ли она в безрезультатные поиски «иголки в стоге сена»? Обнадеживающим обстоятельством здесь служит то, что пропуск исследователем некоторых из экспериментов, выявляющих различие понятий, не отменяет всей остальной его работы по формированию классов разбиения. Совершив такой пропуск, исследователь получит разбиение множества A более грубое, чем истинное разбиение. Если в процессе дальнейшей работы исследователь произведет новые эксперименты, разделяющие неизвестным ранее способом его понятия, то ничто не помешает ему детализировать полученное ранее разбиение множества A . В истории развития физики случаи подобной корректировки знания об окружающем нас мире встречались неоднократно. И всегда они воспринимались не как фиаско науки, а как нормальный процесс ее развития.

Рассмотрим еще и такой вопрос: всегда ли описанная выше процедура разделения понятий исследователя на классы приводит к вполне определенному разбиению множества M ? Оказывается, не всегда. Разбиение получится вполне определенным только в том случае, когда ответы испытуемого однозначно определяются данным ему заданием и предъявленным ему набором понятий, иначе говоря, когда при повторении любого эксперимента его результат всегда повторяется. Это условие означает, что испытуемый при каждом задании P реализует своим поведением вполне определенную двоичную функцию (т.е. предикат) $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Сформулированное условие назовем законом однозначности поведения испытуемого. Закон этот не будет выполняться, если испытуемый просто выдумывает ответы, а не получает их в результате сравнения своих понятий; если он недостаточно внимательно выполняет задание исследователя; если в процессе проведения опыта действуют не учтенные исследователем факторы. Проверка закона однозначности поведения испытуемого всецело находится во власти исследователя, поэтому он всегда сможет не допустить неоднозначных реакций испытуемого. Значит, исследователь всегда сможет сформировать интересное его множество понятий испытуемого при условии, что последний обладает способностью воспроизводить своим поведением любые предикаты, которые потребуются исследователю.

После того как множество понятий испытуемого сформировано, исследователь вводит на нем бинарный предикат D , пользуясь следующим правилом: если понятия исследователя, порождающие понятия испытуемого x и y , принадлежат одному классу разбиения, то принимаем $D(x, y) = 1$, в противном случае полагаем $D(x, y) = 0$. Нетрудно убедиться в том, что так введенный на множестве $A \times A$

предикат D является предикатом равенства. В самом деле, ранее было установлено [2], что свойства рефлексивности и подстановочности однозначно определяют предикат равенства.

Рефлексивность предиката D непосредственно вытекает из факта существования разбиения множества A . Возможность же построения разбиения обусловлена способом отбора заданий для испытуемого. Как было сказано выше, исследователь проводит свои эксперименты лишь с теми заданиями, которые обеспечивают однозначные реакции испытуемого на любые наборы понятий. Свойством подстановочности предикат D обладает по той причине, что разбиение множества A формировалось именно так, чтобы это свойство выполнялось. Таким образом, наличие свойств подстановочности у предиката D обусловлено самим способом образования множества A . Итак, единственность предиката D предопределена той методикой, с помощью которой обследуется поведение испытуемого. Существование предиката D обусловлено тем, что такая методика оказывается эффективной, т.е. фактически приводит к построению вполне определенного предиката, описывающего поведение испытуемого.

Предположим, что исследователь дал задание испытуемому определять, равны или нет предъявляемые ему понятия. Сможет ли он, не опираясь на интроспективное свидетельство испытуемого, вывести из своих экспериментов на испытуемом, что тот производит именно отождествление своих понятий, а не какую-либо иную операцию над ними? Да, сможет. Для этого исследователю достаточно при данном задании определить реакции испытуемого на всевозможные пары его понятий x, y и убедиться, что все они совпадают со значениями предиката $D(x, y)$.

Но если мы спросим, сможет ли исследователь вывести из чисто объективных наблюдений за поведением испытуемого существование у испытуемого субъективно переживаемых им понятий, то на это придется дать отрицательный ответ. Удостовериться в наличии субъективных переживаний может только сам испытуемый, но объективной проверке эта информация не поддается. Исследователь может верить в существование субъективных состояний у испытуемого, а может и не верить. Если исследователь не верит в это, то тем самым лишает себя права утверждать, что он изучает внутренний мир испытуемого. В этом случае исследователь может претендовать лишь на то, что он изучает поведение испытуемого.

Сказанное выше может привести читателя к выводу, что утверждения противоречивы. Действительно, утверждается, что из экспериментов, в которых изучается только поведение испытуемого, выводится существование классов разбиения множества A , которые психологически интерпретируются как понятия испытуемого. Вместе с тем – что существование субъективных состояний из наблюдений

за поведінням испытуюемого невиводимо. На самому делі ніякого протиріччя між цими двома утвердженнями неє. Діло в тому, що термін існування має в російській мові два різних значення, назовемо їх логічним і фактичним. Суб'єктивні стани испытуюемого, які він переживає в поточний момент часу, існують в фактичному значенні. Класи ж розбиття множини A існують в логічному значенні. Поведіння испытуюемого таке, що дає можливість ввести класи розбиття множини A . Но можливість – це ще не дійсність. Класи вводяться не як реально існуючі об'єкти, а тільки як логічно можливі абстракції. Класи розбиття можна психологічно інтерпретувати як реально існуючі поняття испытуюемого тільки в тому випадку, коли визнається фактичне існування понять испытуюемого.

Логічне існування слабше фактичного. Якщо предмет існує фактично, то він існує і в логічному значенні, зворотне ж вірно не завжди. Коли ми говоримо, що предмет існує в логічному значенні, то утверджуємо тільки те, що цей предмет може існувати і фактично, т.е. ніщо не перешкоджає, щоб даний предмет дійсно знаходився в реальному світі. Наприклад, в логічному значенні завжди існує відрізок прямої, що з'єднує будь-які дві точки. Но дві точки, позначені чорними на листі паперу, можуть бути відрізком прямої на самому делі не з'єднані, в даному випадку відрізок прямої фактично не існує. Тем не менше, при бажанні такої відрізок ми завжди можемо намалювати, тоді він буде існувати і фактично. Логічно не існує оточності діаметра 5 см, яку можна було б провести через дві точки, відстоячі одна від одної на відстані 10 см. Отсюдова випливає, що і реально така оточність не може існувати: неможливо практично вибрати таке положення оточності заданого діаметра на листі паперу, щоб вона проходила через дві позначені точки.

Якщо поведіння якого-небудь фізичного пристрою, наприклад, обчислювального пристрою такою, що допускає введення класів розбиття множини його входних сигналів, отсюдова випливає, що існування

суб'єктивних образів цих сигналів в логічному значенні гарантовано. Но помилково тільки на цьому основанні утверждати, що пристрій на самому делі переживає якісь-то суб'єктивні стани. Для зовнішнього спостерігача испытуюемый представляє собою тільки пристрій, що перетворює сигнали, отже фактичне існування суб'єктивних станів у испытуюемого з аналізу його поведіння ніяк не випливає. Дослідник змушений просто вірити заявленню испытуюемого, що у нього дійсно існують суб'єктивні стани (думки, відчуття і т.п.). Якщо дослідник в це вірить, то перед ним з'являється завдання математичного описання суб'єктивних станів испытуюемого, для її рішення він може використати приведені вище методи порівняння. Якщо ж дослідник не схочен вірити испытуюемому, то він позбавляється предмету дослідження в формі суб'єктивних переживань испытуюемого, і застосування яких би то ні було методів їх математичного описання стає для нього неможливим: тепер їх просто не к чому застосовувати.

Выводи

Сформульовані умови розбиття множини понять испытуюемого на класи ідентичних понять. На цьому множині введено бінарний предикат, показано, що він є предикатом рівності. Розглянуто питання існування понять испытуюемого в фактичному і логічному значеннях.

Список литературы

1. Лещинский И.А. О модели равенства понятий // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 1(41). – С. 96-99.
2. Лещинская И.А. О свойствах предиката равенства понятий // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 1(41). – С. 92-95.
3. Лещинская И.А. Контроль однозначности понятий и их формирование по методу сравнения // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 85-88.

Надійшла до редколегії 6.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ПОНЯТЬ МЕТОДОМ ПОРІВНЯННЯ

В.О. Лещинський, І.О. Лещинська

У роботі сформульовані умови розбиття множини понять випробуваного на класи ідентичних понять. На цій множині введений бінарний предикат, показано, що він є предикатом рівності. Розглянуто питання існування понять випробуваного у фактичному і логічному сенсах.

Ключові слова: алгебра скінченних предикатів, алгебра понять, інтелект, висловлювання.

ANALYSIS OF TERMS BY COMPARISON

V.O. Leshchynskiy, I.O. Leshchynska

We formulate the conditions of the test partitions the set of concepts into classes of identical concepts. On this set entered a binary predicate, it is shown that it is a predicate of equality. The question of the existence of the actual test concepts and logical sense.

Keywords: finite predicates algebra, algebra of concepts, intellect, utterance.

УДК 631.37

О.Ю. Ребров

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ УКРАЇНИ ЗА ПИТОМИМ ОПОРОМ ҐРУНТУ ПРИ ОРАНЦІ

В роботі проведений аналіз розподілу сільськогосподарських угідь України за питомим опором ґрунту при оранці. За даними щодо питомого опору ґрунтів різних типів і гранулометричного складу отримані вихідні дані для визначення розподілу ґрунтів за питомим опором в цілому по Україні. Встановлено, що розподіл ґрунтів за питомим опором при оранці не відповідає нормальному або багатомірному нормальному, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України при оранці може бути прийнятою рівною 57 кПа.

Ключові слова: питомий опір ґрунту при оранці, нормальний закон розподілу.

Вступ

Україна має найбільші і найцінніші запаси ґрунту, насамперед чорнозему, потужність і родючість якого найкраща в світі. Існують багато методів і концепцій розвитку сільськогосподарського виробництва, які базуються на новітніх технологіях обробки ґрунту, догляду за рослинами та ін.

Одним із самих енергозатратних в рослинництві є процес механічної обробки ґрунту, а саме полицева оранка.

Тому виникає зацікавленість щодо розподілу сільськогосподарських угідь України, а саме ріллі, за питомим опором при оранці. Питомий опір ґрунту при оранці плугами є еквівалентом витрат енергії на обробку ріллі, тому він може використовуватись в якості вихідних даних для аналізу і прогнозування потреб сільського господарства України в енергетичних засобах – тракторах. Відповідні значення питомого опору ґрунту є підставою для визначення найбільш доцільних з енергетичних позицій конструкцій тракторів, їх потужності, маси, параметрів ходових систем.

Питання розподілу сільськогосподарських угідь України за питомим опором при оранці є актуальним і важливим, оскільки воно пов'язане з різними сферами знань, спрямованих на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Це ґрунтознавство, землеробство, машиновикористання і, насамперед, теорія трактора.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Ґрунтовий покрив України вельми різнобарвний. Номенклатура ґрунтів, прийнята при крупномасштабному ґрунтовому картуванні, що відбулося в 60-х роках ХХ сторіччя, налічує біля 650 видів [1]. Якщо взяти до уваги диференціацію за механічним складом, материнській породі, ступеню еродованості, засоленості та ін. (по яким не всі ґрунти розподілені), то кількість ґрунтових індивідів зросте до 2 тисяч.

Найбільший вплив на питомий опір ґрунту при оранці мають гранулометричний (механічний) склад ґрунту і його вологість. Номенклатура та поділ механічних елементів на гранулометричні фракції класифікується за Н. А. Качинським [2] (1965, табл. 1).

В основу класифікації ґрунтів за механічним складом покладено співвідношення фізичного піску (часточки розміром > 0,01 мм) та фізичної глини (часточки розміром < 0,01 мм). В Україні прийнята класифікація, розроблена М.М. Сибірцевим і удосконалена Н. А. Качинським [2] (табл. 2). Назва ґрунту за гранулометричним складом надається за вмістом фізичної глини в 1-му генетичному горизонті [3]. Зміна гранулометричного складу ґрунту, наприклад, найбільш поширеного на Україні чорнозему, під впливом процесу ґрунтоутворення і сільськогосподарської культури відбувається дуже повільно в сторону оглинювання [4].

Як відомо, польові культури, що вирощуються на Україні, згідно вимог до глибини оранки підрозділяються на дві великі групи [4]: перша – льон, ярові і озимі зернові та зернобобові, круп'яні та багаторічні трави (для них достатній основний обробіток на глибину 20-22 см), і друга – сахарний буряк, картопля, кукурудза та соняшник, що потребують більш глибокого основного обробітку – до 28-30 см, а іноді до 35 см. Сила тяги трактора, агрегатованого плугом, визначається згідно формули В.П. Гарячкина [5]:

$$P_{кр} = f_{пл} \cdot G_{пл} + k \cdot B \cdot h + B \cdot h \cdot \varepsilon \cdot V^2,$$

де $f_{пл}$, $G_{пл}$ – коефіцієнт опору самопересуванню плуга і вага плуга відповідно, кН; k – питомий опір ґрунту при оранці, кПа; B , h – ширина захвату плуга і глибина оранки відповідно, м; ε – коефіцієнт, що характеризує втрати з ростом швидкості оранки, пов'язаний з наданням ґрунту кінетичної енергії при його зрушенні корпусами плуга, кН·с²/м⁴; V – швидкість руху трактора при оранці, м/с.

Таблиця 1

Номенклатура та розподіл механічних елементів на гранулометричні фракції

Фракції	Розмір, мм
Камені	> 3
Гравій	3-1
Пісок крупний	1-0,5
Пісок середній	0,5-0,25
Пісок дрібний	0,25-0,05
Пил крупний	0,05-0,01
Пил середній	0,01-0,005
Пил дрібний	0,005-0,001
Мул глинистий (грубий)	0,001-0,0005
Мул колоїдний (тонкий)	0,0005-0,0001
Колоїди	< 0,0001

Таблиця 2

Класифікація ґрунтів за механічним складом за Н. А. Качинським

Вміст фізичної глини (часток < 0,01 мм), %			Коротка назва ґрунту за механічним складом
Ґрунти підзолистого типу ґрунтоутворення	Ґрунти степового типу ґрунтоутворення	Солонці та сильно солонцюваті ґрунти	
0-5	0-5	0-5	Пісок пухкий
5-10	5-10	5-10	Пісок зв'язний
10-20	10-20	10-15	Супісок
20-30	20-30	15-20	Суглинок легкий
30-40	30-45	20-30	Суглинок середній
40-50	45-60	30-40	Суглинок важкий
50-65	60-75	40-50	Глина легка
65-80	75-85	50-65	Глина середня
>80	>85	>65	Глина важка

На основі великомасштабних досліджень Пронін А.Ф. [6] отримав співвідношення орних угідь колишнього СРСР з різним питомим опором при оранці. Однак, враховуючи велику різноманітність ґрунтів і дещо інший гранулометричний склад, скористатися даними роботи [6] відносно України не має можливості.

Слід зазначити, що на величину питомого опору значно впливає агрофон, тобто попередня рослинність на ґрунті та ступінь його ущільнення ходовими системами тракторів та інших сільськогосподарських машин. Діапазон зміни величини k може досягати більш ніж 2-3 рази [5]. Гранулометричний склад ґрунтів України міститься на карті 1977 року, яка створена за матеріалами дослідів Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського (рис. 1).

Дослідники в галузі ґрунтознавства не одноразово посилаються на цю карту, де наведені основні типи ґрунтів України і їх гранулометричний склад. Важливість опрацювання подібної інформації і її великі обсяги сприяли створенню бази даних ґрунтів України [7]. За даними національної доповіді про стан родючості ґрунтів України [8] структура ґрунтового покриву наведена в табл. 3. Аналіз даних [8]

дозволяє отримати наступний орієнтовний розподіл ріллі України: чорноземи – 73,6%, каштанові – 4,2%, дерново-підзолисті – 9,3% і сірі лісові – 12,9%. Значення питомого опору плугів на ґрунтах різного механічного складу (за М.П. Крутіковим) наведені в роботі [9]. А орієнтовний розподіл сільськогосподарських угідь, а саме ріллі, за даними карти (рис. 1) можна вважати наступним: піщані і супіщані ґрунти – 12,9%, легкі та середні суглинки – 39,2%, важкі суглинки – 24,9%, глинисті – 23%.

Таким чином, існує достатня кількість даних щодо розподілу ґрунтів України за типом і гранулометричним складом, що дає відповідні передумови для визначення розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці. Це дасть можливість вирішити низку задач теорії трактора, пов'язаних з визначенням раціональних конструктивних показників вітчизняних тракторів для сільськогосподарських потреб держави.

Мета та постановка задачі. Метою даної роботи є оцінка розподілу сільськогосподарських угідь України, а саме ріллі, за питомим опором при оранці для подальшого використання при обґрунтуванні конструктивних і техніко-економічних показників тракторів і машино-тракторних агрегатів.

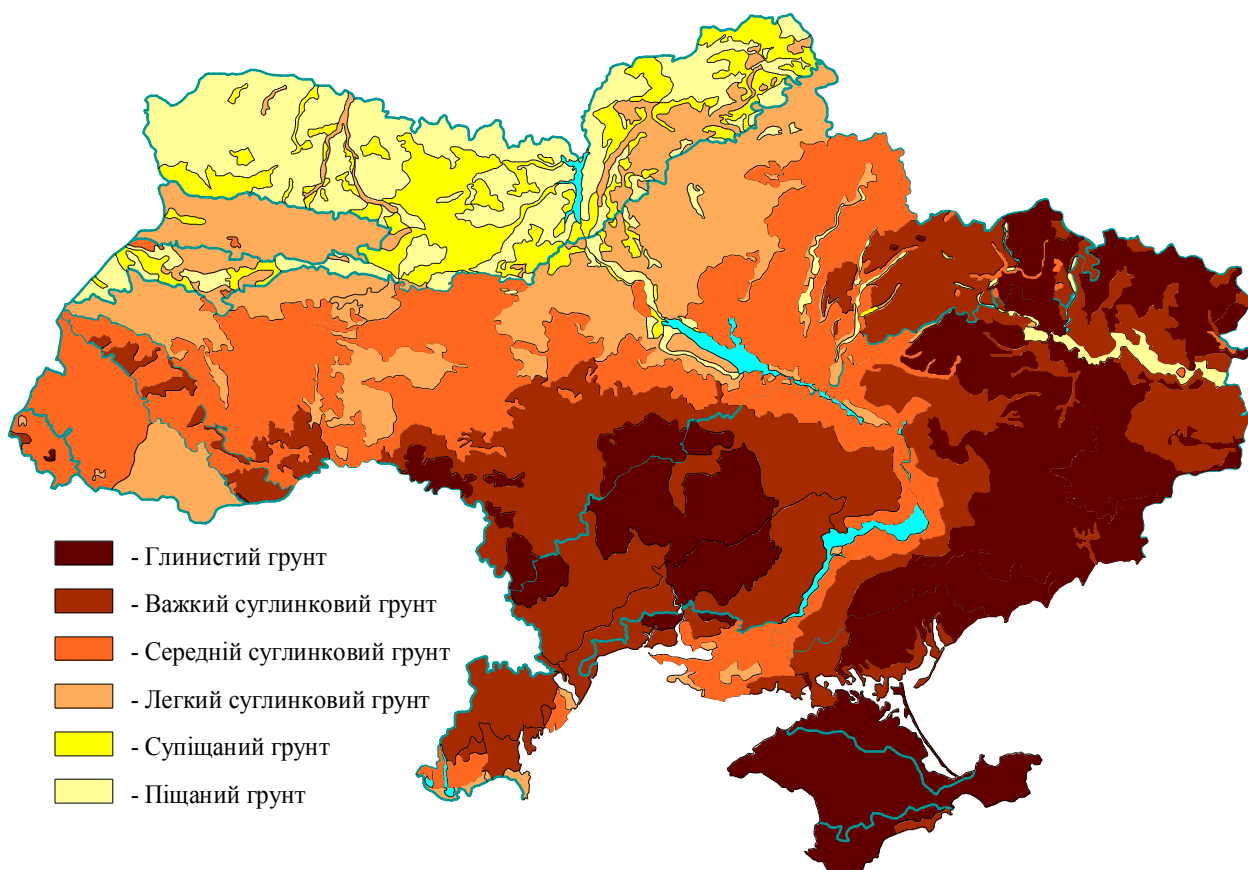


Рис. 1. Гранулометричний склад ґрунтів України

Таблиця 3

Структура ґрунтового покриву України

Ґрунт	С.-г. угіддя, тис. га	С.-г. угіддя, %	Рілля, тис. га	Рілля, %
Дерново-підзолистий	2511,2	6,03	2209,9	6,81
Дерновий оглеєний	1674,2	4,02	691	2,13
Дерново-карбонатний	146,9	0,35	137,8	0,42
Сірий лісовий	2620,5	6,30	1985,6	6,11
Темно-сірий опідзолений	1952	4,69	1867,7	5,75
Чорнозем опідзолений	2200,1	5,29	2048	6,31
Чорнозем типовий	7346,8	17,65	6997,8	21,55
Чорнозем звичайний	9250	22,22	7962,9	24,52
Чорнозем південний	3257,5	7,83	2993,8	9,22
Чорнозем (інші)	2844,2	6,83	1579,6	4,86
Темно-каштановий солонцюватий	1194,5	2,87	1090,3	3,36
Каштановий солонцюватий	100,9	0,24	79,8	0,25
Бурозем кислий	307,3	0,74	85	0,26
Буроземно-підзолистий кислий	105,8	0,25	44,8	0,14
Лучно-буроземний кислий оглеєний	104,4	0,25	39,3	0,12
Коричневий	29,1	0,07	7,6	0,02
Лучно-чорноземний і лучний	2996	7,20	935,7	2,88
Лучно-каштановий солонцюватий	94	0,23	112,7	0,35
Лучно-болотний і болотний	729,7	1,75	115,4	0,36
Торфовища	595,8	1,43	100,8	0,31
Інші	1564,9	3,76	1387,9	4,27
Усього	41625,8	100	32473,4	100

Основна частина

Прийняв гіпотезу щодо нормального закону розподілу питомого опору плугів на ґрунті відповідного типу і гранулометричного складу, отримуємо вихідні дані для аналізу з урахування частки ґрунту в загальному обсязі сільськогосподарських угідь (ріллі). Вихідні дані наведені в табл. 4. Для i -го ґрунту за типом і гранулометричним складом щільність імовірності при нормальному розподілі питомого опору визначається залежністю:

$$f_i(k) = \frac{1}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right), \quad (1)$$

Функція розподілу ймовірностей питомого опору ґрунту:

$$F_i(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(k) dk = 1. \quad (2)$$

З урахуванням частки i -го ґрунту в загальному обсязі ріллі щільність ймовірності прийме вигляд:

$$f_i(k) = \frac{\tau_i}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right). \quad (3)$$

Тоді функція розподілу ймовірностей:

$$F_i(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\tau_i}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right) dk = \tau_i. \quad (4)$$

В табл. 4 наведені дані для 13 найбільш поширених на теренах України ґрунтів за типом і гранулометричним складом. Щільність ймовірності розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні можна визначити, як лінійну комбінацію щільності ймовірності окремих ґрунтів:

$$f_{\Sigma}(k) = \sum_{i=1}^{13} f_i(k). \quad (5)$$

Тоді функція загального розподілу ймовірностей з урахуванням того, що $\Sigma \tau_i = 1$:

$$F_{\Sigma}(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_{\Sigma}(k) dk = 1. \quad (6)$$

Таблиця 4

Вихідні дані щодо розподілу ґрунтів України за питомим опором при оранці*

Ґрунт	Гранулометричний склад ґрунту			
	Піщані та супіщані	Легкі та середні суглинки	Важкі суглинки	Глинисті
Чорноземи	48/6/0,109	58,5/4/0,335	62/2,5/0,092	65/5,25/0,100
Каштанові	42/3/0,007	51,5/2,75/0,010	58/2,25/0,066	61/7,5/0,040
Дерново-підзолисті	40/2/0,009	50/3/0,028	57/1,75/0,075	-
Сірі лісові	-	49/2,5/0,020	55/2,5/0,109	-

* в табл. 4 наведені дані в форматі $M_i / \sigma_i / \tau_i$. (M_i - математичне сподівання питомого опору i -го ґрунту, кПа; σ_i - середньоквадратичне відхилення питомого опору i -го ґрунту, кПа; τ_i - частка i -го ґрунту в загальному обсязі ріллі).

Щільність ймовірності (5) і функція розподілу ймовірності (6) не відповідають нормальному закону розподілу, або багатомірному нормальному розподілу випадкових величин, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору окремих ґрунтів. Оцінка математичного сподівання такого розподілу:

$$M_{\Sigma 1} = \sum_{i=1}^{13} \tau_i \cdot M_i. \quad (7)$$

За даними табл. 4 оцінка математичного сподівання $M_{\Sigma 1} = 57,09$ кПа.

Аналіз результатів дослідження. Для перевірки отриманих залежностей можна скористатися даними роботи [7], де наведена карта питомого опору оброблюваного шару ґрунтів України при оранці, а також розподіл питомого опору за кліматичними зонами і класами. Слід зазначити, що карта питомого опору оброблюваного шару ґрунтів [7] якісно відповідає карті гранулометричного складу ґрунтів (рис. 1). Статистичні дані розподілу ґрунтів України

за питомим опором при оранці згідно роботи [7] наведені в табл. 5.

Прийняв гіпотезу щодо нормального розподілу питомого опору плугів за кліматичними зонами, можна отримати оцінки математичного сподівання:

$$M_z = \sum_{j=1}^{10} k_{cpj} \cdot \frac{S_{jz}}{S_z}, \quad (8)$$

де k_{cpj} - середній питомий опір в j -му інтервалі; S_{jz} - площа угідь з питомим опором в j -му інтервалі (класі) ґрунто-кліматичної зони z , тис. га; S_z - загальна площа ґрунто-кліматичної зони z , тис. га.

Оцінка середньоквадратичного відхилення питомого опору ґрунту при оранці в ґрунто-кліматичних зонах:

$$\sigma_z = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} (M_z - k_{cpj})^2 \cdot \frac{S_{jz}}{S_z}}. \quad (9)$$

Результати розрахунків за формулами (8) - (9) наведені в табл. 6.

Таблиця 5

Розподіл ґрунтів України (ріллі) за питомим опором при оранці [7]

Зона	Класи питомого опору, кПа; площа ріллі, тис. га										Всього, тис. га
	<35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	
Полісся	4,7	357,5	1077,6	1622,8	488,6	167,7	23,9	-	-	-	3742,8
Карпати	-	-	-	16,0	39,4	47,0	429,4	69,3	7,0	-	608,1
Лісостеп	-	16,0	25,6	512,3	5018,3	5449,5	2174,3	408,3	48,1	-	13652,4
Степ чорнозем	-	19,1	66,7	86,1	1221,4	8162,6	4531,5	789,8	-	-	14877,2
Степ сухий	-	51,0	7,7	6,4	50,5	290,4	480,1	1031,5	84,0	20,2	2021,8
Всього	4,7	443,6	1177,6	2243,6	6818,2	14117,2	7639,2	2298,9	139,1	20,2	34902,3

Таблиця 6

Розрахункові дані розподілу питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами

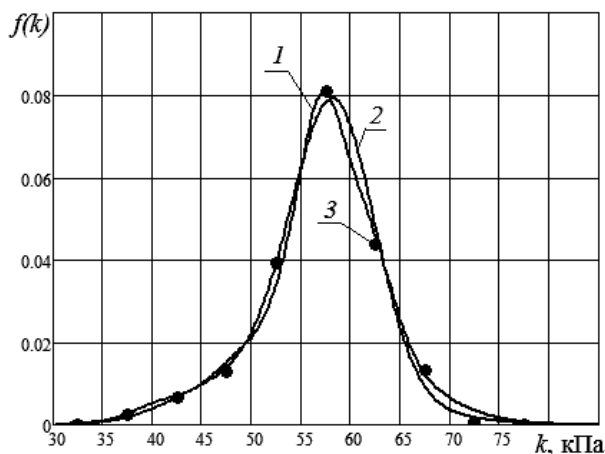
Зона	Математичне сподівання M_z , кПа	Середньоквадратичне відхилення σ_z , кПа	Частка ґрунтів зони в загальному обсязі ріллі τ_z
Полісся	46,28	4,97	0,107
Карпати	61,75	4,22	0,017
Лісостеп	56,38	4,51	0,391
Степ чорнозем	58,99	3,85	0,426
Степ сухий	63,89	6,43	0,058

Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України з використанням даних табл. 6 і формули (7): $M_{\Sigma 2} = 56,94$ кПа, що співпадає з $M_{\Sigma 1}$.

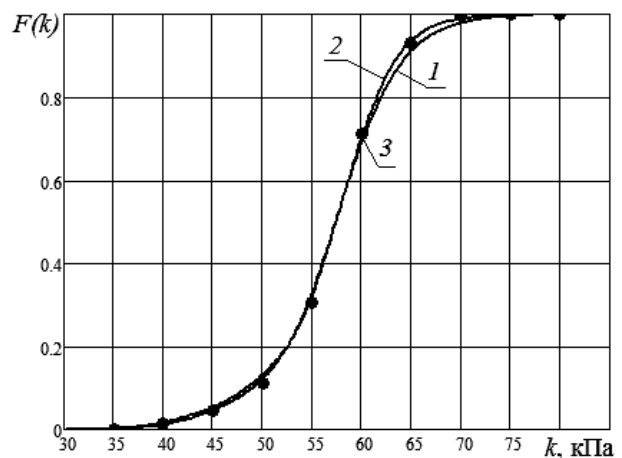
Скориставшись залежностями (3) - (6) можна отримати щільність ймовірності і функцію розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні за даними табл. 5 - 6. Отриманий розподіл, як і при розрахунку за даними табл. 4, не відповідає нормальному, а є лінійною комбінацією нор-

мальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Щільність ймовірності і функцію розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні за даними табл. 4 і 6 наведені на рис. 2.

Таким чином, отримані з різних джерел дані щодо розподілу питомого опору ґрунтів України при оранці практично співпадають і характеризуються математичним сподіванням 56,94-57,09 кПа і розподілом, наведеним в табл. 7.



а



б

Рис. 2 – Розподіл ґрунтів України за питомим опором при оранці:

а – щільність ймовірності; б – функція розподілу ймовірностей;

1 – за даними табл. 4; 2 – за даними табл. 6;

3 – контрольні точки розподілу питомого опору з табл. 5

Розподіл ріллі за питомим опором при оранці

Інтервал питомого опору, кПа	< 35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80
Відсоток ріллі, %	0,013	1,271	3,374	6,428	19,536	40,449	21,891	6,587	0,393	0,058

ВИСНОВКИ

Розподіл ґрунтів України за питомим опором при оранці не відповідає нормальному, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України при оранці знаходиться в межах 56,94-57,09 кПа, що на 14% більше, ніж в умовному еталонному гектарі ріллі, де середній питомий опір складає 50 кПа. На Україні тільки 12% ґрунтів мають питомий опір менше 50 кПа, а 75% ґрунтів – питомий опір в межах 50-63 кПа.

Зважаючи на більш важкі за гранулометричним складом і питомим опором ґрунти сільськогосподарських угідь України, є підстави для перегляду характеристик умовного еталонного гектару оранки, і, саме головне, отримані дані є вихідними для визначення основних параметрів тракторів, які будуть найбільш адаптовані для ґрунто-кліматичних умов України.

Список літератури

1. Атлас почв Украинской ССР / Под. ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. – К., Урожай, 1979. – 160 с.
2. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: Навчальний посібник / В.І. Купчик, В.В. Іваніна, Г.І. Нестеров та ін. За ред. В.І. Купчика. – К.: Кондор. 2010. – 414 с.

3. Медведев В.В. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 292 с.

4. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) / В.В. Медведев. – Харьков. Изд. "13 типография", 2008. – 406 с.

5. Панов И.М. Физические основы механики почв / И.М. Панов, В.И. Ветехин. – К.: Феникс, 2008. – 266 с.

6. Пронин А.Ф. Удельное сопротивление плугов и научные основы, определяющие структуру парка почвообрабатывающих машин: Автореферат дисс. докт. техн. наук. – М., 1983. – 36 с.

7. Медведев В.В. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Х.: Изд. "13 типография", 2007. – 395 с.

8. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України (Затверджено Міністерством аграрної політики України 25.08.2010 р.). – Київ. 2010. – 111 с.

9. Бакум М.В. Проектування сільськогосподарських машин. Част. 1. Плуги загального призначення / М.В. Бакум, С.П. Нікітін, А.В. Сергеева. За ред. М.В. Бакума. – Харків: 2003. – 336 с.

Надійшла до редколегії 31.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Т. Лебедев, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ УКРАИНЫ ПО УДЕЛЬНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ГРУНТА ПРИ ВСПАШКЕ

А.Ю. Ребров

В работе проведен анализ распределения сельскохозяйственных угодий Украины по удельному сопротивлению почвы при вспашке. По данным удельного сопротивления грунтов различных типов и гранулометрического состава получены исходные данные для определения распределения почв по удельному сопротивлению в целом по Украине. Установлено, что распределение почв по удельному сопротивлению при вспашке не соответствует нормальному или многомерному нормальному, а является линейной комбинацией нормальных распределений удельного сопротивления по ґрунто-климатическим зонам. Оценка математического ожидания удельного сопротивления грунтов Украины при вспашке может быть принята равной 57 кПа.

Ключевые слова: удельное сопротивление почвы при вспашке, нормальный закон распределения.

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF AGRICULTURAL LAND IN UKRAINE BY RESISTIVITY OF THE SOIL DURING PLOWING

O.Yu. Rebrov

Analysis of the distribution of agricultural land in Ukraine resistivity soil during plowing is done. According to the data of different types and mechanical structure soils resistivity obtained baseline data for analysis of the distribution of soil resistivity in Ukraine as a whole. It was found that the distribution of soil resistivity when plowing does not correspond to the normal or multivariate normal, and is a linear combination of normal distributions of soil resistivity of climatic zones. Determined that the evaluation of the expectation of the soil resistivity of Ukraine during plowing can be taken equal to 57 kPa. The obtained data can be used for justification of agricultural tractors parameters such as engine power, nominal drawbar pull on the hook, the distribution for gear ratios in the transmission.

Keywords: the resistivity of the soil when plowing, normal distribution.

Кібернетична безпека

УДК 004.023; 004.421.2

В.В. Берковський, О.С. Безсонов

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНУ СИСТЕМУ

В статті аналізуються загрози та класифікує методи виявлення вторгнень в інформаційну систему. Виявлені недоліки пов'язані зі структурою СВВ та недоліки реалізації методів виявлення. Для підвищення ймовірності виявлення атак на ІС найперспективнішим буде використання комбінованого методу, а також створення уніфікованої СВВ для захисту як комп'ютерів так і мобільних пристроїв. Визначені подальші напрямки вдосконалення пов'язані з усуненням недоліків сучасних СВВ. Використання сигнатурного методу та методу виявлення аномалій забезпечують додатковий рівень захисту інформаційної системи, доповнюючи "традиційні" засоби захисту для мобільних пристроїв.

Ключові слова: системи виявлення, системи вторгнення, вторгнення, мережі, сигнатури, системні аномалії, інформаційна атака.

Вступ

Чим далі людство просувається по інформаційному шляху розвитку тим більша потреба в інформаційних ресурсах.

Інфраструктура сучасного життя, всі аспекти людської активності, гармонійна взаємодія соціальної, природної та економічної систем не можуть існувати без інформаційних ресурсів.

Але як і будь-яка інша система, система інформаційних ресурсів піддається негативним впливам і загрозам як із зовні так і зсередини.

1. Поняття загрози та безпеки інформації

Загроза - потенційно можлива подія (вплив, процес або явище), яке може привести до нанесення шкоди безпеці автоматизованих систем (АС). Перелік загроз, оцінки ймовірностей їх реалізації, а також модель порушника служать основою для аналізу ризику реалізації загроз і формулювання вимог до системи захисту АС [1].

Класифікація загроз інформаційній безпеці АС обумовлена тим, що в сучасних АС інформація, яка збережена і та, що обробляється піддаються впливу надзвичайно великого числа факторів, в силу чого стає неможливим формалізувати задачу опису повної множини загроз. Тому для системи, яка захищається, зазвичай визначають перелік класів загроз, а не повний перелік загроз. Більш детальна класифікація можливих загроз інформаційній безпеці АС зображена на рис. 1.

При цьому важливими аспектами є - забезпечення безпеки й цілісності системи, захист цілісності

інформації, мінімізація втрат, якщо інформація буде модифікована або зруйнована.

Під інформаційною безпекою розуміється захищеність інформації від випадкових або навмисних впливів природного або штучного характеру, що можуть призвести нанесенням шкоди власникам або користувачам інформації [2].

Розрізняють чотири рівні захисту інформації [3]:

Запобігання - доступ до інформації та технології надається тільки для персоналу, який отримав допуск від власника інформації;

Виявлення - забезпечується раннє виявлення злочинів і зловживань, навіть якщо механізми захисту були обійдені;

Обмеження - зменшується розмір втрат, якщо злочин все-таки відбулося, не дивлячись на заходи щодо його запобігання та виявлення;

Відновлення - забезпечується ефективно відновлення інформації при наявності документованих і перевірених планів з відновлення.

Аналіз операційних систем, що до захищеності від несанкціонованих впливів. На даний момент найбільшого ризику піддаються операційні системи (ОС) сімейства Windows, що викликано великою кількістю шкідливих програм саме під цю платформу. Це, є наслідком великої популярності ОС цього сімейства, також як і великою кількістю засобів розробки, в тому числі безкоштовних, і навіть «інструкцій з написання вірусів». Інші платформи такі як Linux і Mac OS X менш схильні до ризиків завдячуючи своїй архітектурі.

Останнім часом все більшого розповсюдження набувають платформи для мобільних пристроїв.

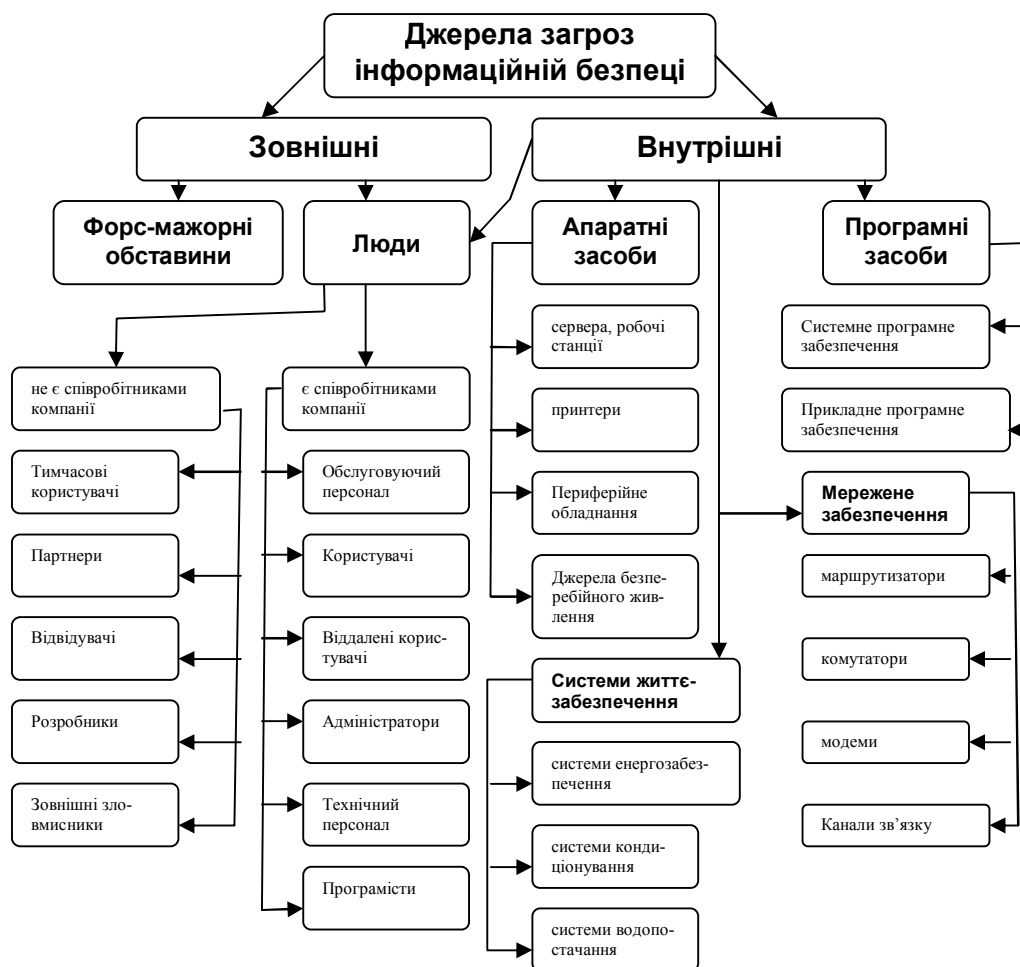


Рис. 1. Класифікація можливих загроз інформаційній безпеці АС

Сьогодні є безліч платформ для смартфонів і планшетів: Android, iOS, RIM BlackBerry, Symbian, мобільні варіанти Windows. Користувачі пристроїв з такими ОС є потенційними об'єктами зараження шкідливим програмним забезпеченням.

Виробники роблять певні зусилля для захисту даних мобільних пристроїв, у першу чергу мова йде про дані в системних розділах. Системна пам'ять мобільних пристроїв, як правило невелика, тому деяким програмам дозволяється зберігати дані за її межами.

Всупереч те що різноманіття платформ є перешкодою для появи спільних загроз, більша частина пристроїв дозволяє зберігати дані на зовнішній карті пам'яті з файловою системою FAT. Ця система була розроблена ще в 1976 році і не має власних механізмів ефективного захисту даних, однак вона поширена настільки, що вже стала стандартом де-факто для носіїв малої і середньої ємності [4].

Дані будуть втрачені у разі загублення або крадіжки пристрою, або через додатки подвійного призначення, що мають доступ до карти пам'яті, які збирають дані з файлової системи та записують розмови, наприклад - Android System Messenger. Користувачі встановлюють програми та ігри на при-

строї десятками, рідко вчитуючись у список дозволів і звично натискаючи «згоден» і «встановити».

Навіть якщо виключити установку на мобільні пристрої неперевірених програм, зберігання даних у відкритому вигляді залишиться основною вразливістю мобільних пристроїв. Це може реалізуватися при виконанні типових сценаріїв випадкового або несанкціонованого доступу, а також внаслідок втрати, крадіжки пристрою або картки пам'яті.

Історично, найбільш відпрацьований, але працює тільки з платформами одного виробника інструментарій управління мобільними клієнтами міститься в RIM BlackBerry, що досягається в першу чергу за рахунок реалізації в цьому продукті як клієнтську, так і серверну частини комунікаційної з базовим функціоналом управління.

Сьогодні ринок повернувся в бік Android і Apple iOS, що змусило шукати компромісне універсальне рішення, що уступає багатовендорним стосовно до відповідних пристроїв, але дозволяє централізувати управління і захист різних платформ [5]. Прикладом такого рішення що об'єднав функціонал керування і захисту мобільних пристроїв, є LANDesk Management Suite з компонентом LANDesk Mobility Manager.

2. Аналіз розвитку методів боротьби із несанкціонованим доступом до операційних систем

Виявлення порушення безпеки проводиться зазвичай з використанням евристичних правил і аналізу сигнатур відомих комп'ютерних атак. Вже в 1984 році Фред Коен заявив, що кожне вторгнення виявити неможливо і ресурси, необхідні для виявлення вторгнень, будуть рости разом зі ступенем використання комп'ютерних технологій [6].

Найбільш поширеними є, так звані локальні і мережеві «Системи виявлення вторгнень» (СВВ). Локальна СВВ передбачає, що система виявлення встановлюється на кожному окремому комп'ютері. Мережева СВВ збирає пакети, що надходять в мережу через один пристрій і аналізують їх, перш ніж пересилати заданим вузлів. Мережеві СВВ сьогодні вважаються менш ефективними, чим більша кількість вузлів в мережі тим важче стає забезпечення надійної фільтрації пакетів і, як наслідок, захист комп'ютерів в мережі.

Системи виявлення мережевих вторгнень і виявлення ознак комп'ютерних атак на інформаційні системи вже давно застосовуються як один з необхідних рубежів оборони інформаційних систем і використовуються для виявлення деяких типів шкідливої активності, яка може негативно вплинути на безпеку комп'ютерної системи. До такої активності відносяться мережеві атаки, що спрямовані проти вразливих сервісів, атаки, які передбачають підвищення привілеїв, неавторизований доступ до важливих файлів, а також дії шкідливого програмного забезпечення (комп'ютерних вірусів, троянів і черв'яків).

4 листопада 1983 був винайдений перший комп'ютерний вірус [6]. Фред Коен у той час ще аспірант одного з американських університетів, написав першу програму-вірус, яка здатна до саморозмноження та паразитичного поширення по мережах. На презентації своєї докторської дисертації, яка була присвячена проблемі забезпечення безпеки комп'ютерних систем Коен представив першу програму-вірус. Особливої загрози програма Коена не становила, оскільки експеримент був контрольованим і не мав далекосяжних цілей.

На сьогоднішній день виділяють і рекомендують до застосування, в тому числі, і при побудові системи захисту три групи методів виявлення атак:

- сигнатурні методи;
- методи виявлення аномалій;
- комбіновані методи (використовують спільно алгоритми, визначені в сигнатурних методах і методах виявлення аномалій).

Іншими словами, виявлення порушення безпеки проводиться зазвичай з використанням евристичних правил і аналізу сигнатур відомих комп'ютерних атак.

2.1 Сигнатурні методи. Сигнатурні методи описують кожну атаку особливою моделлю або сигнатурою, в якості якої можуть застосовуватися рядок символів - семантичний вираз на спеціальній мові, використанням спеціалізованої бази даних формальна математична модель і т. д. Сутність сигнатурного методу в наступному: у вихідних даних, зібраних мережевими і хостовими датчиками системи виявлення вторгнення (СВВ) з сигнатур атак, виконується процедура пошуку сигнатури атаки. Перевага даних методів - висока точність визначення факту атаки, а очевидний недолік - неможливість виявлення атак, сигнатури яких ще не визначені [7].

Серед сигнатурних методів виявлення атак найбільш поширений метод контекстного пошуку, який полягає в виявленні у вихідній інформації певної безлічі символів. Так, для виявлення атаки на Web-сервер, що спрямована на отримання несанкціонованого доступу до файлу паролів, проводиться пошук послідовності символів "GET */ etc / passwd" у заголовку HTTP-запиту. Фрагмент "cwd ~root" в FTP-сеанс однозначно визначає факт обходу механізму аутентифікації на FTP-сервері і спробі перейти в кореневий каталог FTP-сервера. Іншим прикладом є виявлення аплетів Java в мережевому трафіку на основі шістнадцятиричного фрагмента "CA FE BA BE". Ці ж сигнатури дозволяють виявляти троянських коней, якщо останні використовують стандартні значення портів. Наприклад, троян NetBus, як це вже описувалося у третьому номері BYTE за 2016 рік, визначається по використанню 12345-го і 12346-го портів, а троян BackOrifice - 31337-го порту [6].

Для розширення функціональних можливостей контекстного пошуку в деяких випадках використовуються спеціалізовані мови, що описують сигнатуру атаки. Нижче наведено приклад сигнатури атаки Land, описаної за допомогою мови N-code системи NFR.

```
filter pptp ip ()
{
# Если IP-адрес отправителя пакета
# данных Совпадает с IP-адресом
# получателя, то в журнал записывается
# информация об атаке Land
if (ip.src == ip.dest)
{
system.time, eth.src, ip.src, sth.dst to land_recrdr;
}
}
```

За допомогою контекстного пошуку ефективно виявляються атаки на основі аналізу мережевого трафіку, оскільки даний метод дозволяє найбільш точно задати параметри сигнатури, яку необхідно виявити в потоці вихідних даних.

У ряді академічних СВВ були реалізовані ще два сигнатурних методи: метод аналізу станів і метод,

який базується на експертних системах. Метод аналізу станів або контролю частоти подій заснований на формуванні сигнатури атак у вигляді послідовності переходів інформаційної системи ІС з одного стану в інший. По суті, кожен такий перехід визначається по настанню в ІС певної події, а набір цих подій задається параметрами сигнатури атаки. Ці сигнатури описують ситуації, коли протягом деякого інтервалу часу відбуваються події, число яких перевищує задані заздалегідь показники. Прикладом такої сигнатури є виявлення сканування портів або виявлення атаки SYN Flood. У першому випадку пороговим значенням є число портів, перевірених в одиницю часу. У другому випадку - число спроб встановлення віртуального з'єднання з вузлом за одиницю часу [6].

Як правило, сигнатури атак, створені на основі аналізу станів, описуються математичними моделями, що базуються на теорії кінцевих автоматів або мереж Петрі.

На рис. 2 показана мережа Петрі, що описує сигнатуру атаки, яка виконує підбір пароля для отримання несанкціонованого доступу до ресурсів ІС. Кожен перехід ІС в новий стан в цій мережі Петрі пов'язаний зі спробою введення пароля. Якщо користувач протягом 1 хв чотири рази поспіль введе неправильний пароль, то метод зафіксує факт здійснення атаки.

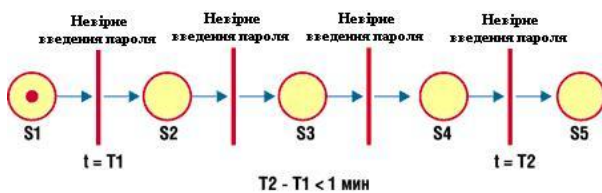


Рис. 2. Мережа Петрі, що описує сигнатуру атаки, яка здійснює підбір пароля.

Методи, що базуються на експертних системах, дозволяють описувати моделі атак на природній мові з високим рівнем абстракції. Експертна система, яку покладено в основу методів цього типу, складається з двох баз даних: фактів і правил. Факти це вихідні дані про роботу ІС, а правила - алгоритми логічних рішень про факт атаки на основі набору фактів. Всі правила експертної системи записуються в форматі "якщо <...>, то <...>". Результуюча база правил повинна описувати характерні ознаки атак, які зобов'язана виявляти СВВ.

Одна з найбільш перспективних сигнатурних груп - методи, які засновані на біологічних моделях. Для їх опису можуть використовуватися генетичні або нейромережеві алгоритми.

2.2 Метод виявлення аномалій або поведінковий метод. Поведінкові методи базуються не на моделях інформаційних атак, а на моделях штатного функціонування (поведінки) ІС. Принцип роботи будь-якого з таких методів полягає в виявленні не-

відповідності між поточним режимом роботи ІС і режимом роботи, що відповідає штатної моделі даного методу. Будь-яка невідповідність розглядається як інформаційна атака.

Наприклад, якщо система виявлення атак фіксує вхід співробітника компанії в мережу в суботу о 2.30, то це може свідчити про те, що пароль цього користувача вкрадений або підібраний і його зловмисник використовує для несанкціонованого проникнення [6].

Перевага методів даного типу - можливість виявлення нових атак без модифікації або поновлення параметрів моделі. На жаль, створити точну модель штатного режиму функціонування ІС дуже складно.

Серед поведінкових методів найбільш поширені ті, що базуються на статистичних моделях. Такі моделі визначають статистичні показники, що характеризують параметри штатної поведінки системи. Якщо з часом спостерігається певне відхилення даних параметрів від заданих значень, то фіксується факт виявлення атаки. Як правило, в якості таких параметрів можуть виступати рівень завантаження процесора, навантаження на канали зв'язку, штатний час роботи користувачів системи, кількість звернень до мережевих ресурсів і т. д.

Слід зазначити, що на стадії рекогносцировки, коли здійснюється збір інформації, ефективні лише сигнатурні методи виявлення атак. Справа в тому, що всі операції отримання необхідної порушнику інформації в більшості випадків не викликають ніякого відхилення роботи ІС від штатного режиму. Для цього етапу характерні такі ознаки, як формування запиту до DNS-сервера, отримання інформації з бази даних SNMP MIB або багаторазові TCP-запити на встановлення з'єднання з різними портами. На стадії рекогносцировки можуть використовуватися як мережеві, так і хостові датчики (табл. 1).

Таблиця 1
Застосування датчиків при виявленні вторгнень

Стадія атаки	Сигнатурний метод	Поведінковий метод
Рекогносцировка	+, CX	-
Вторгнення в ІС	+, CX	+, CX
Атакуючий вплив	-	+, X
Розвиток атаки	-	+, X

Примітка: + - метод що може бути застосовано;
 - - метод що може бути застосовано;
 CX - використовуються мережеві і хостові датчики;
 X - тільки хостові датчики

2.3. Застосовність сигнатурного і поведінкового методів для виявлення різних стадій атак. На стадії вторгнення виявити атаку можна за допо-

могою як сигнатурних, так і поведінкових методів. Будь-яке вторгнення характеризується певними ознаками, які, з одного боку, можна представити у вигляді сигнатури, а з іншого - описати як якийсь відхилення від штатної поведінки ІС. Найбільш ефективно поєднання обох методів, при цьому для отримання необхідних вихідних даних застосовні будь-які (хостові або мережеві) датчики.

Ефективне виявлення атак на етапах атакуючого впливу і розвитку атаки можливо тільки за допомогою поведінкових методів. Оскільки дії порушників залежать від цілей проведеної атаки і фіксованою безліччю сигнатур атак однозначно не визначаються. З огляду на той факт, що на двох останніх стадіях життєвого циклу інформаційної атаки найхарактерніші об'єкти - це хости, в даному випадку найбільш доцільно застосування хостових датчиків.

2.4. Недоліки існуючих систем виявлення.

Недоліки сучасних СВВ можна класифікувати:

- пов'язані зі структурою СВВ;
- недоліки реалізації методів виявлення.

1. *Аналіз структури СВВ дозволяє виділити такі їх властивості:*

Відсутність загальної методології побудовання - що можна пояснити недостатністю загальних угод в термінології, так як СВВ - це досить новий напрямок, заснований Андерсеном (J.P. Anderson) в 1980 році [8].

Ефективність. При використанні СВВ намагаються виявити будь-яку атаку, що призводить до суттєвого споживання ресурсів - для будь-якого профайла потрібні оновлення для кожного з спостережуваних подій.

Портативність. Більшість СВВ створюється для використання в певному програмно-апаратному середовищі, що призводить до ускладнення портування СВВ на інше програмно-апаратне середовище.

Оновлення. Складність поновлення СВВ виходить з прив'язки СВВ до програмно-апаратного комплексу та старіння однієї з частин цього комплексу обмежує застосування нових технологій для всієї системи.

Встановлення та налаштування СВВ. Для встановлення, налаштування і поновлення СВВ потрібно кваліфікований фахівець, що володіє спеціалізованими знаннями і навичками встановлення і налаштування експертної системи.

Продуктивність СВВ. Залежить від правил виявлення застосованих на кожному конкретному програмно-апаратному комплексі.

Відсутність загальних правил тестування.

2. *Аналізуючи реалізацію методів виявлення можна виділити наступні недоліки:*

- неприпустимо високий рівень помилкових спрацьовувань і пропусків атак;

- слабкі можливості по виявленню нових атак;
- на початкових етапах неможливо визначити більшість вторгнень;
- важко, іноді неможливо, визначити атакуючого, цілі атаки;
- відсутність оцінок точності і адекватності результатів роботи;
- неможливо визначити «старі» атаки, що використовують нові стратегії;
- складність виявлення вторгнень у реальному часі з необхідною повнотою в високошвидкісних мережах;
- слабкі можливості з автоматичного виявлення складних координованих атак;
- значне перевантаження систем, в яких функціонують СВВ, при роботі в реальному часі [9].

Складність застосування до СВВ формалізованого апарату аналізу та синтезу інформаційних систем полягає в тому, що конкретний інформаційний комплекс і його підсистема-СВВ складаються з різнорідних елементів, які можуть описуватися різними розділами теорії (системами масового обслуговування, кінцевими автоматами, теорією ймовірностей, теорією розпізнавання образів і т.д), тобто, даний об'єкт дослідження є агрегативним. Тому математичні моделі очевидно можна отримати тільки для окремих складових частин СВВ, що ускладнює аналіз і синтез СВВ в цілому, але подальша конкретизація застосування формалізованого апарату аналізу та синтезу дозволить оптимізувати СВВ [10].

Висновки

За результатами вище проведеного аналізу і із розрахунком перспективи подальшого впровадження перспективних технологій захисту інформації використання сигнатурного методу та методу виявлення аномалій забезпечують додатковий рівень захисту інформаційної системи, доповнюючи "традиційні" засоби захисту - міжмережеві екрани, криптомаршрутизатори, сервери аутентифікації та ін.

Чи можна виявити вторгнення в інформаційну систему? При всіх перерахованих недоліках дати ствердну відповідь можна. Найефективнішою СВВ можна вважати ту, яка працює в реальному часі і здійснює моніторинг трафіку мережі, а також відстежує аномалії, як в трафіку так і в діях користувачів і системи. Для ефективного виявлення атаки потрібно застосування як сигнатурного, так і поведінкового методів.

Найперспективнішим методом можна вважати комбінований метод, що використовує спільно алгоритми, визначені в сигнатурних методах і методах виявлення аномалій. Так як, тільки комплексний підхід може значно знизити ризик вторгнення в ІС і виключити втрату цінних даних.

Для підвищення ймовірності виявлення атак на ІС потрібний збір великих обсягів інформації про функціонування ІС, а також їх аналіз.

Подальші напрямки вдосконалення пов'язані з усуненням недоліків сучасних СВВ: впровадження в практику апробованих теоретичних викладок з загальної теорії систем, методів теорії синтезу та аналізу інформаційних систем, конкретного апарату теорії розпізнавання образів. Але вони використовуються тільки для захисту комп'ютерів, а розповсюдженні платформи для мобільних пристроїв не мають такого захисту, що підвищує ризик зараження їх шкідливим програмним забезпеченням, приводячи до втрати інформації.

Як свідчать дані дослідження компанії Cisco кількість мобільних пристроїв з виходом в інтернет у 2016 році перевищило населення Землі [11].

Поточний стан справ із захистом даних, що зберігаються на мобільних пристроях в основному не відповідає вимогам безпеки обробки і зберігання даних. В якості прикладів локальних рішень можна назвати: антивіруси, утиліти шифрування та інші засоби, які ефективні самі по собі, але не призначені для організації комплексного централізованого захисту даних. Системи, що забезпечують такий захист, повинні надавати наступні можливості:

- дистанційне апаратне «скидання» пристрою;
- вибіркоче або повне очищення пам'яті незалежно від місцезнаходження пристрою;
- контроль політик захищеності пристрою і даних;
- дистанційна доставка установок і оновлень;
- допомога користувачеві;
- багатоплатформність.

Список літератури

1. Классификация угроз информационной безопасности [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/6006132/page:2>.
2. Закон України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах».
3. Введение в информационную безопасность. Компьютеры: преступления, признаки уязвимости и меры защиты [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.bezpeka.com/ru/lib/sec/gen/art344.html>.
4. FAT [Электронный ресурс] Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/FAT>.
5. Статистика мобильных операционных систем: популярность Android, первые проблемы Apple [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.itrew.ru/windows/statistika-operacionnykh-sistem-za-ap.html>.
6. Лукацкий А. Обнаружение атак. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 624 с.
7. Технологии обнаружения вторжений [Электронный ресурс] Режим доступа https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=6850&sphrase_id=3833171.
8. J.P. Anderson, Computer Security Threat Monitoring and Surveillance // James P. Anderson Co., Fort Washington, PA, April. 1980.
9. Городецкий В.И., Котенко И.В., Карсаев О.В., Хабаров А.В. Многоагентные технологии комплексной защиты информации в телекоммуникационных системах. ISINAS. 2000.
10. Бараматова И. С. Зайцева Е. В. Состояние и перспективы развития систем обнаружения компьютерных вторжений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Вып. Сб. 2011
11. Кількість мобільних пристроїв з інтернетом скоро перевищить населення Землі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fmf.udpu.org.ua/novyny-suchasnoi-nauky/593-kilkist-mobilnykh-prystroiv-na-zemli-perevshchyla-kilkist-liudei>.

Надійшла до редколегії 24.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ

В.В. Берковский, А.С. Бессонов

В статье анализируются угрозы и классифицирует методы обнаружения вторжений в информационную систему. Обнаружены недостатки, связанные со структурой СОВ и недостатки реализации методов выявления. Для повышения вероятности обнаружения атак на ИС наиболее перспективным будет использование комбинированного метода, а также создание унифицированной СОВ для защиты как компьютеров так и мобильных устройств. Определены дальнейшие направления совершенствования связанные с устранением недостатков современных СОВ. Использование сигнатурного метода и метода обнаружения аномалий обеспечивают дополнительный уровень защиты информационной системы, дополняя "традиционные" средства защиты для мобильных устройств.

Ключевые слова: системы обнаружения, системы вторжения, вторжения, сети, сигнатуры, системные аномалии, информационная атака.

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF METHODS OF INTRUSION DETECTION IN THE INFORMATION SYSTEM

V.V. Berkovsky, A.S. Bessonov

The article analyzes the threats and classifieret methods of intrusion detection in the information system. The deficiencies associated with the structure of SDI and disadvantages of the implementation of detection methods. To increase the likelihood of detection of attacks on IS is the most promising is the use of the combined method, as well as the creation of a unified SDI to protect both computers and mobile devices. Identify further areas of improvement related to elimination of faults in modern SDI. Using the signature method and the method of anomaly detection provides an extra level of protection of the information system, complementing "traditional" means of protection for mobile devices.

Keywords: system detection, system intrusion, intrusion, network, signature, system anomalies, information attack.

УДК 004.056.523

Б.М. Резанов, С.С. Бульба, Д.В. Шокотько

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

ФАКТОРИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ

У статті розглянуті базові фактори процесу аутентифікації у системі контролю та управління доступом. Проведено порівняння факторів за позитивними та негативними показниками, що дає змогу чіткіше представити ризики які притаманні процесу аутентифікації у сучасних системах захисту різних форм власності.

Ключеві слова: аутентифікація, СКУД, біометрика, захист.

Вступ

Останнім часом одним з найбільш ефективних і цивілізованих підходів до вирішення завдань комплексної безпеки об'єктів різних форм власності стає використання системи контролю та управління доступом (СКУД). Інтерес до СКУД неухильно зростає, що в недалекому майбутньому призведе до їх широкого поширення.

Використання СКУД дозволяє:

- закрити несанкціонований доступ на територію, в будівлю, окремі поверхи і приміщення;
- відслідковувати тимчасове переміщення співробітників і відвідувачів по об'єкту;
- вести табельний облік робочого часу кожного співробітника;
- здійснювати тимчасової і персональний контроль відкриття внутрішніх приміщень.

Система контролю і управління доступом є сукупністю технічних і програмних засобів, призначена для автоматизованого контролю доступу в окремі зони об'єкта. Зазвичай СКУД використовуються як одна зі складових інтегрованої системи безпеки. Найбільш поширена інтеграція - з системою відеоспостереження і системою охоронної сигналізації.

Принцип дії СКУД простий: кожен співробітник отримує пластикову картку або інший пропуск, що містить індивідуальний код. Біля входу на підприємство або в інше приміщення що підлягає контролю встановлюються зчитувачі - спеціальні пристрої, що зчитують з пропусків код і передають його в систему. Кожен код містить відповідну інформацію про права власника пропуску. На основі співставлення цієї інформації та ситуації, при якій був пред'явлений пропуск, система приймає одне з таких рішень: відкриває прохід, переводить приміщення в режим охорони або включає сигнал тривоги. СКУД запам'ятовує всі факти пред'явлення пропусків і пов'язані з ними дії. Ця інформація в подальшому використовується системою для складання різноманітних звітів.

Залежно від застосовуваної СКУД на об'єкті, окремі її пристрої можуть бути об'єднані в єдиний

блок (контролер зі зчитувачем) або взагалі бути відсутнім (персональний комп'ютер).

Зчитувачі СКУД є програмно-апаратними засобами системи та призначені для зчитування коду з брелків, міток, магнітних і безконтактних карт. Приклад системи СКУД представлено на рис. 1.

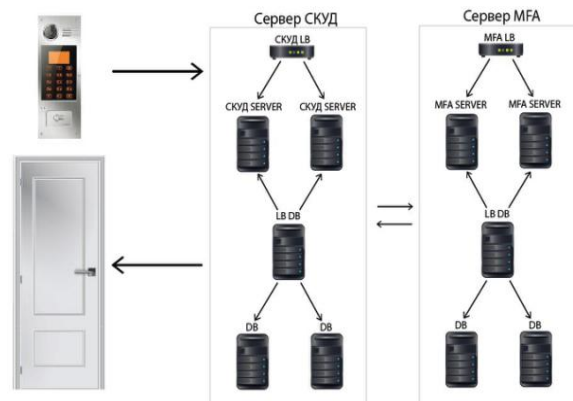


Рис. 1. Схема побудови СКУД

В процесі аутентифікації може приймати участь три фактори:

- щось, що ми знаємо – пароль;
- щось, що ми маємо – пристрій аутентифікації;
- щось, що є частиною нас – біометрика.

Пароль

Пароль – це секретна інформація, якою повинен володіти тільки авторизований суб'єкт. Паролем може бути мовне слово, текстове слово, комбінація для замка або персональний ідентифікаційний номер (PIN). Сьогодні розроблено кілька методів реалізації систем аутентифікації із застосуванням одноразових паролів.

1. Метод "запит-відповідь". На початку процедури аутентифікації користувач відправляє на сервер свій логін. У відповідь на це останній генерує випадкову послідовність символів і посилає її назад. Користувач за допомогою свого ключа зашифровує ці дані і відправляє їх серверу. Сервер у цей час за допомогою секретного ключа що належить користу-

вачу кодує вихідну послідовність. Далі проводиться порівняння обох результатів шифрування. При їх повному збігу вважається, що аутентифікація пройшла успішно.

2. Метод "тільки відповідь". Програмне або апаратне забезпечення користувача самостійно генерує вихідні дані, які будуть зашифровані та відправлені на сервер для порівняння. При цьому в процесі створення даних використовується значення попереднього запиту. Сервер теж володіє такими даними. Тобто він, використовуючи ім'я користувача, знаходить значення його попереднього запиту та генерує встановленим алгоритмом ідентичний рядок.

3. Метод "синхронізація за часом". У ньому в якості початкових даних виступають поточні показання годинника спеціального пристрою або комп'ютера, на якому працює людина. Ці дані зашифровуються за допомогою таємного ключа що у відкритому вигляді відправляються на сервер разом з ім'ям користувача. При отриманні запиту, сервер отримує поточний час від свого таймера, зашифровує його та порівнює два значення.

4. Метод "синхронізація по події". Цей метод майже ідентичний попередній технології. Тільки в якості ключа в ньому використовується не час, а кількість успішних процедур аутентифікації, проведених до поточної процедури. Це значення підраховується обома сторонами окремо один від одного.

У деяких системах реалізуються змішані методи, де в якості початкового значення використовується два або навіть більше типів інформації.

Технологія одноразових паролів вважається досить надійною. Але вони також мають недоліки діляться на дві групи. До першої належать потенційно небезпечні вузькі місця, притаманні всім методам реалізації. Найбільш серйозною з них є можливість підміни сервера аутентифікації. При цьому користувач буде відправляти свої дані прямо зловмисникові. Інша вразливість властива тільки синхронним методам реалізації одноразових паролів, оскільки існує ризик розсинхронізації інформації на сервері і в програмному або апаратному забезпеченні користувача.

Усе це робить парольний механізм слабо захищеним.

Пристрій аутентифікації

Тут важливий факт володіння суб'єктом – унікальним предметом. Це може бути особиста печатка, ключ від замку, для комп'ютера це файл даних, що містять характеристику.

Аутентифікаційні пристрої поділяють на дві категорії: пасивні та активні. В обох випадках пристрої несуть в собі базовий секрет і для того, щоб виготовити копію пристрою необхідно мати копію базового секрету. Пасивні аутентифікаційні пристрої зберігають базовий секрет, наприклад ключі від механічних

замків, карточки банкомату, більшість типів електронних перепусток, тощо. Проблемою таких пристроїв є те, що дані, які в них записані, можуть бути легко відтворені за допомогою копії. Активні аутентифікаційні пристрої можуть в різних обставинах генерувати різні вихідні дані. Наприклад, пристрій може бути задіяний в протоколі аутентифікації по методу питання-відповідь або забезпечувати іншу функцію шифрування, в якій використовується базовий секрет цього пристрою. Значною перевагою активних пристроїв є те, що вони не передають свого базового секрету, а використовують його. Дізнатись секрет у такому випадку теоретично можливо, але практично досить маловірогідно.

Аутентифікація із застосуванням активних аутентифікаційних пристроїв передбачає генерацію різного типу повідомлень при кожній спробі власника аутентифікувати себе, це значить, що атакуючому не має змісту перехоплювати згенеровану послідовність і відтворювати попередній набір повідомлень.

Біометрика

Характеристикою є фізична особливість суб'єкта. До групи фізіологічних показників належать такі джерела біометричних даних:

- відбитки пальців – технологія перейнята від систем, які використовувалися правоохоронними органами для співставлення відбитків;

- геометрія руки – зчитувальні пристрої сприймають розмір пальців користувача, товщину та геометрію руки;

- характеристика ока: сітківка – в таких системах використовується ретинальна камера, розміщена позаду спеціального окуляра, користувач розміщує око напроти окуляра і камера записує картину кровоносних судин сітківки ока людини;

- характеристики ока: райдужна оболонка – в цих системах використовується спеціальна камера, яка досліджує райдужну оболонку ока і фіксує її характерний образ;

- обличчя. Камера сканує обличчя і порівнює зображення із зображенням, що зберігається в запису користувача.

На відміну від фізіологічних показників, поведінкові не завжди мають вимірювати одне і те ж саме: людині може бути запропоновано сказати, написати чи пройти певним чином, аби зменшити ризик відтворення. До поведінкових показників належать наступні.

1 Голос – система просить користувача сказати кілька слів, на їх основі будується кілька голосових шаблонів. Такий підхід має ряд недоліків: велика вірогідність помилок в шумному середовищі, легко обманути записом голосу користувача.

2 Підпис – система порівнює представлений підпис з оригіналом. Для зниження ризику підробки

надійні системи також вимірюють динаміку руху руки, силу натиску, нахил пера.

3 Динаміка роботи на клавіатурі – системи відстежують поведінку користувача під час роботи на клавіатурі, а потім використовують унікальні особливості цієї поведінки для аутентифікації.

Основною проблемою підходів у біометричній аутентифікації є співставлення біометричних показників. Якщо біометричні показники змінились чи були пошкоджені, представлені не звичним чином,

то співставлення може бути невдалим, що веде до відмови аутентифікації законному користувачеві. З'являється ризик помилкового прийняття однієї людини за іншу. Іншою проблемою є загроза атак відтворення. Атакуючий може отримати біометричні показники жертви або за допомогою зовнішнього записуючого пристрою, або шляхом копіювання показників у двійковому коді. Опис схеми взаємодії користувача та СКУД зчитувача, з позитивним результатом представлено на рис 2.

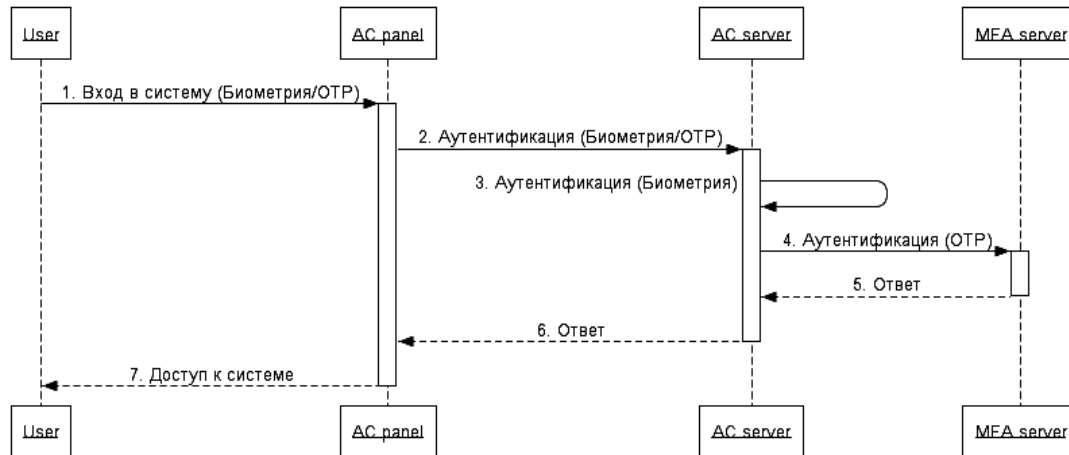


Рис. 2. Принцип взаємодії користувача та СКУД зчитувача

На рис. 2 користувач входить в систему використовуючи біометрію і токен. Access Control панель відправляє дані біометрії і токена на Access Control сервер. Виконується аутентифікація біометрії на Access Control сервері. Access Control сервер аутентифікує токен на MFA сервері. MFA сервер відправляє відповідь Access Control серверу. Access Control сервер відправляє відповідь Access Control панелі. Access Control панель дає доступ до системи.

Висновок

Усі фактори аутентифікації мають свою недоліки і кожен окремо взятий фактор не завжди може забезпечити належний рівень захисту.

Якщо виникає необхідність організувати сильний захист, стає очевидно, що потрібно комбінувати кілька факторів і використовувати їх разом. Зазвичай комбінують фактор знання з фактом наявності чи фактором, який є частиною користувача.

ФАКТОРЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Б.М. Резанов, С.С. Бульба, Д.В. Шокотко

В статье рассмотрены базовые факторы процесса аутентификации в системе контроля и управления доступа. Проведено сравнение факторов по положительным и отрицательным показателями, что позволяет более четко представить риски присущие процессу аутентификации в современных системах защиты различных форм собственности.

Ключевые слова: аутентификация, СКУД, биометрика, защита.

FACTORS OF AUTHENTICATION ACCESS CONTROL

B.M. Rezanov, S.S. Bulba, D.V/ Shokotko

In the article the basic factors in the authentication process control system access. The comparison factor for positive and negative indicators that allows to present clearly the risks inherent authentication process in modern security systems of different ownership.

Keywords: authentication, access control, biometrics, protection.

Список літератури

1. Rigney C., Willens S., Rubens A., Simpson W. *Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)*. // RFC 2865, 2000.
2. Выбор поставщика решения двухфакторной аутентификации [Электронный ресурс] // Habrahabr.ru – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/238589/>
3. Белкин П.Ю., Михайлский О.О., Перишаков А.С. *Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности. Защита программ и данных: Учеб. пос. для вузов.* – М.: Радио и связь. – 1999. – 168 с.
4. Маквитти Л. *Федеративное управление идентификацией пользователей* // Сети и системы связи, 2013. No 13.. URL : <http://www.ccc.ru>.
5. Agarwal S., Sprick B., Wortmann S. *Credential Based Access Control for Semantic Web Services*. // AAAI Spring Symposium, 2004.

Надійшла до редколегії 15.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Семенов, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

УДК 004.056.53

О.О. Стрельницький

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ПРОТИРІЧЧЯ ТА ПРОБЛЕМА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Показана неможливість здійснення захисту інформації ідентифікаційних систем спостереження на відомих принципах без суттєвого зниження інформаційних здібностей цих систем, що породжує проблему.

Ключові слова: захист інформації, система спостереження.

Вступ

Постановка проблеми й аналіз літератури.

Основними елементами процедури контролю повітряного простору (КПП) [1] є аналіз повітряної обстановки та прийняття рішень.

Рішення приймає особа на основі аналізу відповідним чином підготовленої інформації про стан повітряної обстановки. Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в зоні управління. Отже, якість прийняття рішень визначаються складом та достовірністю інформації, на основі якої особа приймає рішення. Таким чином інформація, що циркулює в системі КПП повинна бути всебічно захищена.

Мета роботи – захист інформації систем спостереження повітряного простору.

Основна частина. Робота системи КПП та інформація, що циркулює в них повинні бути всебічно захищені від різного роду дестабілізуючих та шкідливих факторів, до яких відносяться[2]:

- штучні завади та електромагнітна несумісність;
- акти активної протидії функціонуванню системи КПП;
- акти несанкціонованого використання інформаційних ресурсів;
- акти перекручування інформації.

Основним інформаційним ресурсом (ІР) системи контролю КПП є первинні та ідентифікаційні системи спостереження (СС). Первинна СС надає дані про місцезнаходження ПО, тобто відповідає на запитання «де», а ідентифікаційна СС (ІСС) відповідає на запитання «хто» та дозволяє отримати польотну інформацію з борту ПО.

Наведені СС в певній мірі можуть відчувати вплив різного роду дестабілізуючих факторів і вимагають захисту інформації на етапу її отримання.

Під загрозою безпеки розуміється дія або подія, яка може привести до руйнування, спотворення чи несанкціонованого використання ІР, включаючи отримання, збереження, передавання і оброблюванню інформації.

Загрози, як правило, прийнято ділити на ненавмисні, і навмисні. Джерелом перших можуть бути помилки в програмному забезпеченні, виходи з ладу апаратних засобів, неправильні дії користувачів і т.п. Умисні загрози мають на меті нанесення шкоди користувачам інформаційної системи (ІС) і, в свою чергу, поділяються на активні і пасивні.

Пасивні загрози, як правило, спрямовані на несанкціоноване використання ІР, не надаючи при цьому впливу на їх функціонування. Широке використання несанкціонованого використання інформації вторинних СС направлено на дуальне виявлення повітряних об'єктів (ПО), що використовують ці СС. Ця особливість викликана примітивністю використаного сигналу відповіді (СВ). Дійсно, у якості СВ вторинних СС використовуються інтервально-часові та часово-частотні коди, які утворюються декілька вузькосмуговими сигналами на одній чи двох несучих частотах, часова відстань між якими і є кодом СВ. Використання вузькосмугових сигналів, відомих несучих частот, апріорно відомих часових розстановок імпульсів СВ та наявність слабкоспрямованої антени на ПО призводить до того, що ЛВ є жаданим об'єктом засобів радіотехнічної розвідки (РТР) супротивника.

Активні загрози мають на меті порушення нормального процесу функціонування системи за допомогою цілеспрямованого впливу на ІР. До активних загроз відносяться, наприклад, постановка навмисних корельованих завод (НКЗ) ІСС, що призводить до перекручування інформації про ідентифікацію ПО.

Несанкціоноване використання ІР, з одного боку, є засобом розкриття або компрометації інформації, а з іншого - має самостійне значення, оскільки, навіть не торкаючись користувацької або системної інформації, може завдати певної шкоди користувачам. Можливість несанкціонованого використання є тільки у ІСС. Дійсно існуючі ІСС побудовані за однаковими принципами:

- несинхронної мережі;
- одноканальної системи масового обслуговування з відмовами.

Побудова ІСІ за такими принципами виключила як часові так і просторові різниці між корисними та імітованими сигналами. Ця особливість призводить до того, що зацікавлена сторона має можливість як несанкціоновано отримувати інформацію від ЛВ розглядаємих ІСС, так і подавляти їх роботу імітованими сигналами потрібної інтенсивності тобто здійснювати перекручування інформації зазначених СС.

Проведемо оцінку скритності існуючих ІСС яка визначає можливість несанкціоновано використати зазначених СС. Оцінку скритності будемо проводити за критерієм дальності виявлення СВ типових ЛВ. У якості системи РТР будемо використовувати різницево-дальномірну систему, яка складається з трьох приймальних пунктів. Рішення координатної задачі системою РТР можливе при виявленні сигналів на всіх приймальних пунктах. При цьому слід зазначити, що система РТР може вирішувати задачу виявлення координат ПО при виявленні одиночних імпульсів СВ ($n = 1$), а також усього СВ ($n = 2$) чи ($n = 3$). На рис. 1 наведена залежність дальності виявлення СВ типових ЛВ типовою системою РТР.

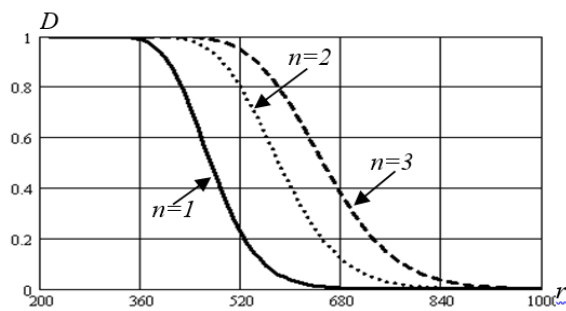


Рис. 1. Дальність виявлення СВ типових ЛВ

Наведені розрахунки показують, що виявлення СВ сучасних ЛВ типовою системою РТР не має складнощів, що указує на відсутність енергетичної скритності існуючих ІСС. При цьому слід зазначити, що виявлення сигналів здійснюється за зон дії первинних СС.

Проведемо оцінку імовірності одержання координатної інформації від ЛВ існуючих ІСС при впливі потоку СЗ, утвореного сумарним потоком СЗ сусідніх ІСС, потоком НКЗ супротивника і хаотичної імпульсної завади (ХІЗ).

При надходженні на вхід ЛВ ІСС потоку СЗ і ХІЗ будуть спостерігатися наступні основні ситуації, що приводять до виключення формування ЛВ сигналів відповіді (СВ):

- подавлення СЗ даного запитувача через утворення з ХІЗ випереджальних хибних СЗ, що викликають випромінювання СВ або спрацювання схеми подавлення бічних пелюстків (ПБП);
- подавлення СЗ даного запитувача через випереджальний СЗ як сусідніх запитувачів, так і запитувачів супротивника;

- високочастотне подавлення окремих імпульсів СЗ даного запитувача при збігу за часом імпульсів потоку СЗ і несприятливих фазових співвідношень;

- подавлення СЗ даного запитувача через випереджальний хибний СЗ, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу СЗ даного запитувача з випереджальним (на базу коду) імпульсами ХІЗ чи ПСЗ і зухвалих випромінювання СВ чи спрацювання схеми ПБП.

Визначення імовірності цих подій будемо здійснювати у припущенні, що потоки СЗ (ПЗС) і ХІЗ діють на СЗ даного запитувача незалежно один від одного і що число джерел, які формують загальний ПСЗ, достатнє для того, щоб вважати потік пуасонівським.

Припустимо, що на вхід відповідача надходять ХІЗ інтенсивністю λ_0 , ПСЗ, що викликає випромінювання СВ, що включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік імітованих СЗ супротивника, інтенсивністю λ_1 , та потік СЗ, що викликає спрацювання схеми ПБП, інтенсивністю λ_2 .

Використовуючи методику розрахунку зазначених імовірностей, досить докладно викладених у [3], одержуємо результати розрахунку імовірності вирішення інформаційної задачі (ІЗ) існуючими ІСС котрі наведені на рис. 2, 3.

На рис. 2 наведені розрахунки КГ відповідача, а на рис. 3 – імовірність виявлення ПО.

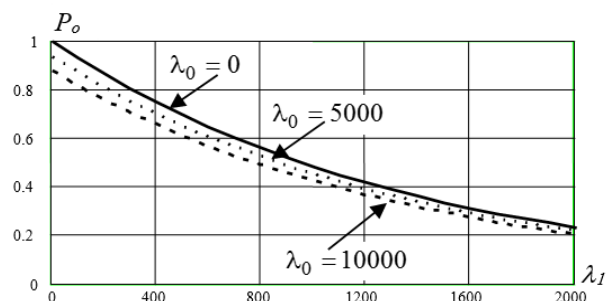


Рис. 2. Коефіцієнт готовності ЛВ

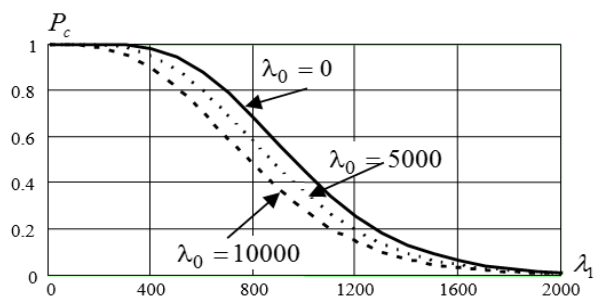


Рис. 3. Імовірність виявлення ПО ідентифікаційною СС

Аналіз наведених на рис. 2 і 3 розрахунків вирішення ІЗ існуючими ІСС показує, що можливість супротивника подавляти ІСС за рахунок несанкціо-

нованого використання ЛВ потрібної інтенсивності ставить під сумнів можливість роботи цих систем у конфліктних ситуаціях.

Дійсно, при постановці НКЗ інтенсивністю 2000 імовірність вирішення ІЗ практично дорівнює 0, що призводить до перекручування інформації про ідентифікацію ПО.

Підвищення енергетичної скритності ІСС можливе за рахунок використання складних сигналів.

На рис. 4 показана дальність виявлення сигналів ЛВ при використанні у якості СВ складних сигналів з базою $B=1000$.

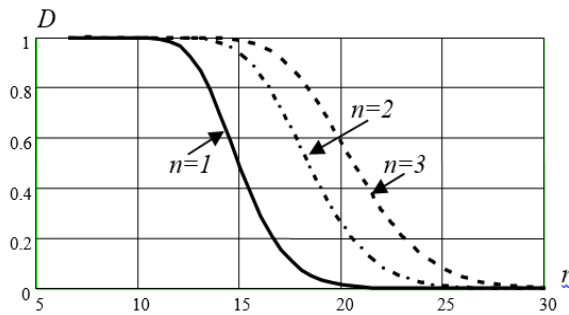


Рис. 4. Дальність виявлення сигналів ЛВ

Розрахунки, наведені на рис. 4, показують, що використання складних сигналів у якості СВ суттєвим чином могли б підвищити енергетичну скритність ІСС і, як наслідок, захищеність інформації. Однак перехід до використання складних сигналів у якості СВ призводить до розширення часової бази СВ, яка у свою чергу призводить до збільшення часу паралізації ЛВ. Збільшення часу паралізації ЛВ призводить до зменшення імовірності рішення ІЗ розглядаємими СС.

На рис. 5 і 6 наводяться розрахунки імовірності рішення ІЗІСС при використанні складних сигналів у ЛВ з базою 1000. Розрахунки наведені при фіксованих потоках СЗ.

Таким чином, використання складних сигналів у ІСС дозволяє підвищити енергетичну скритність, однак при цьому суттєво погіршується імовірність вирішення ІЗ зазначеними СС, що є неприпустимим.

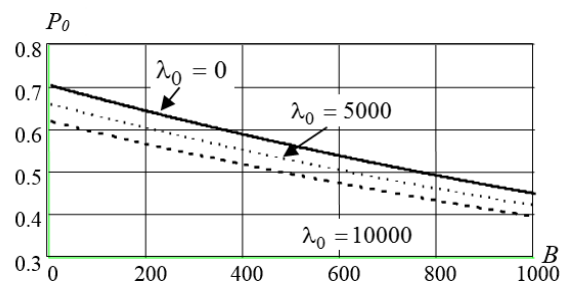


Рис. 5. Вплив бази СВ на КГ ЛВ

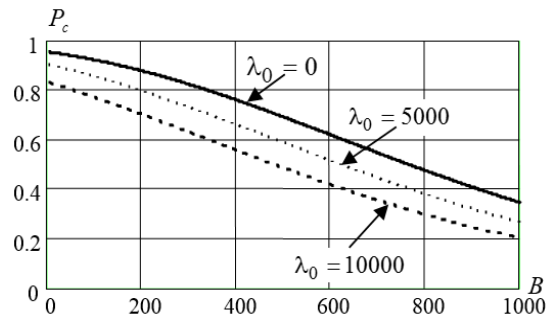


Рис. 6. Вплив бази СВ на виявлення ПО

Висновки

Наведені розрахунки показують протиріччя між потребою захисту інформації ІР та можливістю її реалізації на відомих принципах, що породжує проблему.

Список літератури

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации / Под ред. С.Г. Пятко и А.И. Краснова. - СПб.: Политехника, 2004. - 446 с.
2. Захист інформації в системі організації повітряного руху / І.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук, В.О. Клименко та інш. - К.: ДнОПР України, 2007. - 196 с.
3. Обод І.І. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.О. Стрельницький, В.А. Андрусевич. - Х.: ХНУРЕ, 2015. - 270 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. І.І. Обод, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПРОТИВОРЕЧИЕ И ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.А. Стрельницкий

В статье показана невозможность осуществления защиты информации идентификационных систем наблюдения на известных принципах без существенного снижения информационных возможностей этих систем, порождает проблему.

Ключевые слова: защита информации, система наблюдения.

CONTRADICTION AND PROBLEM OF INFORMATION PROTECTION IN THE NETWORK OF OBSERVING AIR SYSTEMS

A.A. Strelnickiy

The article shows the impossibility of protecting the information of identification surveillance systems on known principles without significantly reducing the information capabilities of these systems, generates a problem.

Keywords: information security, surveillance system.

Інформаційні технології

УДК 658.012.011

М.В. Веселовський

Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського «ХАІ», Харків

ПОБУДОВА СМАРТ-СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ RASPBERRY PI

Головною ідеєю статті є доведення можливості використання Raspberry Pi для побудови смарт-систем. У роботі було розглянуті покоління інтелектуальних систем, а також висвітлені основні задачі. У статті дана загальна характеристика Raspberry Pi, її переваги та недоліки. У статті розглянута сфера використання пристрою.

Ключові слова: смарт системи, інтелектуальна система, Raspberry Pi, комп'ютер, модель, система автоматизації.

Вступ

Актуальність. На сьогоднішній день автоматизація все більше проникає в наше життя.

Ми живемо в двадцять першому столітті, і людство навчилося автоматизувати техніку, пристрої та навіть цілі робочі комплекси у військовій, медичній, освітній, побутовій сферах. Людство вже не уявляє світ, життя без комп'ютерів, інтернету, всякого роду гаджетів - адже без них світ вже не буде колишнім. За допомогою смартфонів, мобільних телефонів, наручних годинників людина може на відстані керувати деякими побутовими приладами, але, природно, для цього повинна бути створений зворотній зв'язок між пристроями. На жаль, це практично не практикується світовими компаніями, які розробляють і випускають телевізори, пральні машини, кавоварки, чайники, кондиціонери та іншу необхідну і дуже важливу для життя техніку.

Аналіз літератури [1 – 9] показав, що для побудови смарт-систем найчастіше використовується Raspberry Pi. Сфера застосування даної плати досить велика: починаючи від простих задач, закінчуючи багатоструктурною смарт-системою.

Метою даної статті є аналіз можливості побудови смарт-систем за допомогою Raspberry Pi.

1. Смарт-системи

Смарт-системи (інтелектуальні системи) включають функції зондування, приведення в дію і управління для того, щоб описати і проаналізувати ситуацію і приймати рішення на основі наявних даних в прогностичної або адаптивного способом, тим самим виконуючи інтелектуальні дії. У більшості випадків «smartness» системи можна віднести до автономної роботи на основі замкнутої системи управління, ефективності використання енергії, а також мережеві можливості [1]. Інтелектуальні системи, як правило, складаються з різних компонентів:

- датчики для виявлення сигналу;
- елементи, що передають інформацію в блок командно-контрольної;
- блоки командно-управління, які приймають рішення і давати вказівки на основі наявної інформації;
- компоненти передачі рішень та інструкцій
- приводи, які виконують або викликати потрібні дії [1].

Багато смарт-систем еволюціонували від мікросистем. Вони поєднують в собі технології і компоненти від технології мікросистем (мініатюрної електричні, механічні, оптичні і рідинних пристроїв) з іншими дисциплінами, як біологія, хімія, нанонауки, або когнітивних наук.

Є три покоління інтелектуальних систем:

- Перше покоління інтелектуальні системи: пристрої розпізнавання об'єктів, моніторинг стану водія, і багатофункціональні пристрої для мінімально інвазивної хірургії.
- Друге покоління інтелектуальних систем: активні мініатюрні штучні органи, такі як кохлеарні імплантати або штучної підшлункової залози, передових систем управління енергоспоживанням і мережі екологічних датчиків.
- Третє покоління інтелектуальних систем: об'єднати технічний «інтелект» і когнітивні функції, так що вони можуть забезпечувати інтерфейс між віртуальним і фізичним світом. [1]

Однією з основних завдань в технології смарт-систем є інтеграція безлічі різних компонентів, розроблених і виготовлених в самих різних технологій і матеріалів. Основна увага приділяється розробці і виробництву абсолютно нових товарної продукції і послуг для спеціальних застосувань (наприклад, в медичних технологій), а також для додатків масового ринку (наприклад, в автомобільній промисловості).

У промисловому контексті, і коли підкреслюючи поєднання компонентів з метою об'єднання їх

функціональні і технічні можливості в сумісну систему, термін «інтелектуальні системи інтеграції» використовується. Цей термін відображає промислової потреба і конкретну задачу інтеграції різних технологій, розміри компонентів і матеріалів в одну систему [2].

Системний підхід вимагає комплексного проектування і виробництва і повинен об'єднати міждисциплінарні технологічні підходи і рішення (що сходяться технології). Виробничі компанії, а також науково-дослідні інститути, тому стикаються з труднощами в плані спеціалізованого технологічного ноу-хау, кваліфікованої робочої сили, засоби проектування та обладнання, необхідного для досліджень, розробки і виробництва інтегрованих інтелектуальних систем.

Смарт-системи є вирішенням екологічних, соціальних та економічних проблем, такі як обмежені ресурси, зміна клімату, старіння населення, і глобалізація. Вони з цієї причини все частіше використовуються у великій кількості секторів. Ключові сектори в цьому контексті є транспорт, охорона здоров'я, енергетика, безпека, логістика та виробництво [1].

2. Raspberry Pi

Raspberry Pi – одноплатний комп'ютер розміру з банківською картою, спочатку розроблена як бюджетна система для навчання інформатики, що згодом отримала набагато більш широке застосування і популярність, ніж очікував його автори. [3]

Raspberry Pi – це комп'ютер із розміром в кредитну карту. Мета автора Ебен Апто полягала у створенні недорогого пристрою, що дозволив би поліпшити навички програмування і розуміння апаратного забезпечення на доуніверситетському рівні. Але завдяки своєму невеликому розміру і доступною ціною, він був швидко прийнятий, майстрами, виробниками і ентузіастами електроніки для проектів, які вимагають більше, ніж основний мікроконтролер.

Raspberry Pi працює повільніше, ніж сучасний ноутбук або десктоп, але до сих пір є повноцінним комп'ютером Linux і може забезпечити всі очікувані можливості, які мають на увазі, низький рівень енергоспоживання [3].

Raspberry Pi має відкрите апаратне забезпечення, за винятком основного чіпа на Raspberry Pi, Broadcom SoC (System on Chip), який запускає багато основних компонентів плати центрального процесора, графіку, пам'ять, контролер USB, і т.д. Багато з проектів, виконаних із використанням Raspberry Pi відкриті і добре задокументовані, а також і речі, які можемо створювати і змінювати у себе.

Є ще дві моделі Raspberry Pi, А (рис. 1) і В (рис. 2), названий на честь BBC Місто, який також був випущений в моделі А і В. Модель А поставляється із 256 Мб оперативної пам'яті і одним портом

USB. Він є дешевим і споживає менше енергії, ніж В. Поточна модель В поставляється з другим портом USB, портом Ethernet для підключення до мережі, а також 512 Мб оперативної пам'яті.

RASPBERRY PI MODEL A

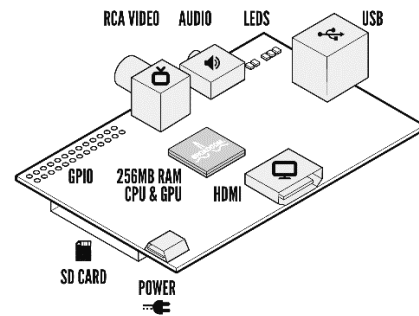


Рис. 1. Схема Raspberry Pi А

RASPBERRY PI MODEL B

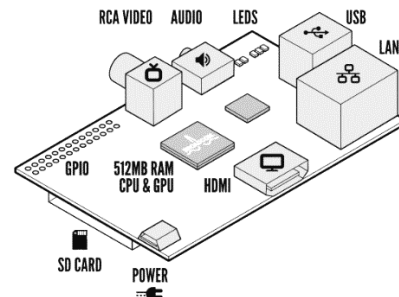


Рис. 2. Схема Raspberry Pi В

Плати Raspberry Pi А і В були підвищені до А+ і В+ відповідно (рис. 3, 4). В ці оновлення внесені незначні зміни, такі як збільшення числа портів USB і поліпшенням енергоспоживанням, особливо в В+.

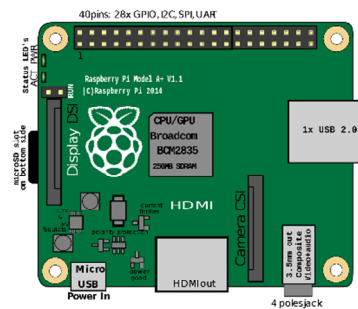


Рис. 3. Схема Raspberry Pi А+.

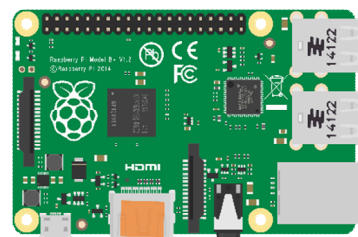


Рис. 4. Схема Raspberry Pi В+.

Raspberry Pi розроблена для операційної системи Linux, і багато версій дистрибутивів Linux тепер є оптимізованими для Raspberry Pi.

Два з найбільш популярних варіантів є Raspbian, який базується на операційній системі Debian, і Pidoga, який базується на операційній системі Fedora. Для початківців, один із цих двох буде добре працювати [6]. Переваги Raspberry Pi:

- повний контроль над сервером, при критичному збої можна просто висмикнути шнур з розетки;
- програмне забезпечення ставимо на свій вибір;
- дисковий простір – на скільки Гб флешок, SSD, ХДД підключимо, стільки і отримаємо;
- можна заливати будь-які файли, без обмежень за типом і розміром
- резервування даних – можна мати резервну флешку і в разі збою зробити відкат за 30 секунд помінявши флешку в платі сервера.

Недоліки:

- вартість Raspberry, флешки, корпусу, радіатора, блоку живлення, мережевого кабелю, кабелю до монітора – приблизно 55 \$;
- необхідно місце для постійно діючого мікрокомп'ютера;
- необхідно працювати із програмним забезпеченням сервера на рівні досвідченого користувача;
- постійно використовувати захищене програмне забезпечення від злому сервера;
- мати постійну IP адресу [5, 6].

Таким чином, переваги та недоліки збалансували один одного. Використовуючи Raspberry Pi можна побудувати старт-систему для розумного будинку.

3. Використання Raspberry Pi

Найбільш вживана модель міні-комп'ютера Raspberry Pi – це модель B на 215 Мб оперативної пам'яті з підтримкою Ethernet. Також є ще одна модифікація приладу, в якій компоненти розміщені більш компактно, також вона має чотири порти USB, кількість портів введення і виведення GPIO в ній значно більше, крім того, відсутній композитний відеовихід. Сфери застосування комп'ютера Raspberry Pi досить широкі. Незважаючи на те що цей прилад не дуже потужний, але при цьому це цілком повноцінний комп'ютер. Якщо вам потрібна машина для вирішення найпростіших завдань, які не вимагають застосування потужних ресурсів в плані обчислення, то ви сміливо можете підключати до пристрою Raspberry Pi стандартні елементи машини: монітор, миша, клавіатура, підключення будь-якого дистрибутива ОС Linux (рис. 5) [7].

У домашніх умовах пристрій Raspberry Pi ви можете використовувати в таких цілях: створення домашнього медіа-сервера; як сервер зберігання даних; як «мозкового центру» для автоматизованих верстатів або роботів; як сервер домашньої автоматизації (або системи «розумний дім»).

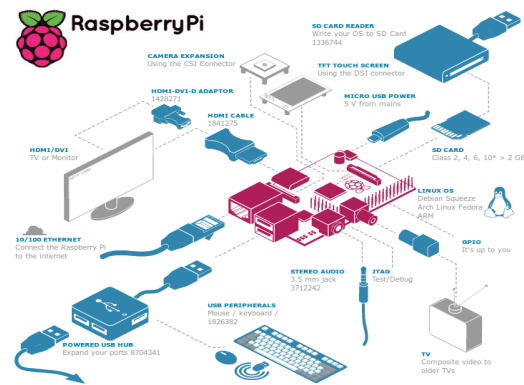


Рис. 5. Підключення різних компонентів до пристрою Raspberry Pi

Raspberry Pi – це комп'ютер, і ви можете користуватися ним просто як звичайним комп'ютером. За допомогою підключення з Інтернет ви зможете завантажити і встановити на нього велику кількість додатків, таких наприклад як Libre Office - відмінний офісний пакет для роботи з документами і електронними таблицями. Так як Raspberry Pi задуманий як навчальний інструмент щоб заохочувати дітей до проведення експериментів з комп'ютерами, він поставляється з попередньо встановленими інтерпретаторами і компіляторами різних мов програмування. Для початківців є Scratch – графічна мова програмування розроблений в Массачусетському технологічному інституті.

Але ви не обмежені тільки Scratch. Ви можете писати програми для Raspberry Pi на різних мовах програмування, таких як C, Ruby, Python, Java і Perl.

Raspberry Pi відрізняється від звичайного комп'ютера не тільки ціною і розмірами, а й його здатністю інтегруватися з проектами електроніки (можливістю підключення електронних приладів безпосередньо до плати комп'ютера) [4].

Сфери застосування Raspberry Pi для приватних потреб можуть бути різні. В основному - це вузькопрофільні задачі, пов'язані з роботою програмістів або інших розробників. А якщо говорити про широке застосування, то варто ознайомитися з особливостями застосування Raspberry Pi для систем домашньої автоматизації або так званого розумного будинку. Люба система домашньої автоматизації або ж так званий розумний будинок є досить складним і багатоструктурним. Крім того, що вона покликана виконувати ті чи інші сценарії, які задаються їй користувачем, вона має властивість приймати свої власні рішення в певній нештатній ситуації. Сміливо можна сказати, що така система має задатки штучного інтелекту. На сьогодні багато разів застосовується поняття «розумний будинок» до всього, наприклад:

- сигналізації GSM;
- датчику протікання води;
- світловому управлінню датчиком руху і т.д.

Всі ці явища можуть входити в структуру домашньої автоматизації, але бути нею окремо вони не

можуть. Система домашньої автоматизації («розумний дім») включає в себе такі компоненти: центральний сервер; він пов'язаний за допомогою інтерфейсу RS485 з контролерами, які стоять в кожній кімнаті і приміщенні будинку; до контролерів підключені ті чи інші управлінські пристрої для захисту, контролю і регулювання роботи системи.

Така мережева архітектура даної системи хороша тим, що у власника будинку немає необхідності протягувати від кожного пристрою із сервером незручні дроти, а потрібно просто з'єднати контролери, до яких вони підключаються за допомогою одного кабелю UTP. Одна пара його проводів застосовується для інтерфейсу RS485, а інші живлять датчики і контролери. Варто зазначити, що структура роботи передбачена таким чином, що якщо вийде з ладу один з контролерів або кілька, або навіть буде порушена робота центрального сервера, на роботу системи в цілому це впливати не буде. А міні-комп'ютер Raspberry Pi в даній системі і є центральним сервером. На нього потрібно встановити Веб-сервер, за допомогою якого будь-який користувач за допомогою свого мобільного пристрою (смартфона, планшета або ноутбука) зможе за допомогою звичайного браузера мати дані про всі процеси, які відбуваються в будинку і керувати цими процесами. Доступ до сервера користувач має за допомогою логіна і пароля через домашню локальну мережу або через глобальну мережу, якщо входить в неї через Wi-Fi-пристрій.

До послідовного порту пристрою UART за допомогою узгоджує приладу через інтерфейс RS485 підключають контролери, які оснащені різним набором виходів або ввідів. Також до цього ж інтерфейсу можна підключати GPS-модель і з його допомогою мати доступ до системи за допомогою мобільного або стаціонарного телефонного зв'язку, якщо користувач знаходиться в зоні, де немає доступу в Інтернет. Доступ дозволяється також через пароль, як і в попередньому випадку. Ще один пристрій в мережі - це радіомодуль, за допомогою якого можна прив'язати до загальної системи все радіодатчики і пульти дистанційного управління[2, 8, 9].

Висновки

Таким чином, для побудови старт-систем може бути використаний мікрокомп'ютер Raspberry Pi.

Raspberry Pi – це майже повноцінний комп'ютер. Сфера його використання різноманітна. Мікрокомп'ютер може працювати практично із усією периферією. Raspberry Pi може стати і медіацентром, і керуючим центром «розумного будинку», і серцем радіокерованих моделей.

Список літератури

1. Smart system [Electronic resource]. Access mode - https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_system.
2. Tutorial: Building a Raspberry Pi Smart Home (Part 1) [Electronic resource]. Access mode. - <https://www.pubnub.com/blog/2015-08-04-tutorial-building-raspberry-pi-smart-home-part-1>.
3. What is a Raspberry Pi? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://opensource.com/resources/what-raspberry-pi>.
4. Як на Raspberry Pi побудували дійсно розумну систему для офісу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-raspberry/102-as-the-raspberry-pi-build-truly-smart-system-for-office>.
5. Веб-сервер на Raspberry PI 3. ЗА и ПРОТИВ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://raznoe.su/veb-server-na-raspberry-pi-3-za-i-protiv>.
6. Кому он нужен, этот RasPI? Осваиваем работу с компьютером Raspberry PI [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hobbylab.ru/robototechnics/detail.php?ID=1718>.
7. Применение Raspberry Pi в быту и нестандартные применения [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://elektro.guru/dlya-proizvodstva/primenenie-raspberry-pi-v-bytu-i-nestandardnyie-primeneniya.html>.
8. Разработка умного дома с использованием Raspberry Pi и языка программирования Naxe [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-smart_home.
9. Умный дом на Raspberry Pi своими руками [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://home-and-garden.livejournal.com/712986.html>.

Надійшла до редколегії 17.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ПОСТРОЕНИЕ СМАРТ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ RASPBERRY PI

М.В. Веселовский

Главной идеей статьи является доказательство возможности использования Raspberry Pi для построения смарт систем. В работе было рассмотрены поколения интеллектуальных систем, а также освещены ее основные задачи. В статье дана общая характеристика Raspberry Pi, ее преимущества и недостатки. А также рассмотрены сфера использования устройства.

Ключевые слова: смарт-системы, интеллектуальная система, Raspberry Pi, компьютер, модель, система автоматизации.

BUILDING SMART SYSTEMS WITH RASPBERRY PI

M.V. Veselovskyi

The main idea of the article is proof of the possibility of using Raspberry Pi to build smart systems. The work was handled generation of intelligent systems and highlights the main problem. In the article the general characteristic Raspberry Pi, its advantages and disadvantages. Article viewed scope of use.

Keywords: smart systems, intelligent, Raspberry Pi, a computer model, the automation system.

УДК 621.317

Н.В. Єрмілова, О.С. Остапенко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СТВОРЕННІ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ ПРИ ІНЖЕНЕРНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО НАПРЯМКУ

Розглянуто сучасні методи лабораторних досліджень при дистанційному навчанні, їх переваги та недоліки, використання віртуальних вимірювальних лабораторій в навчальному процесі. Запропоновано навчальну віртуальну вимірювальну лабораторію з курсу «Основи метрології та електричних вимірювань». Встановлено, що виконання віртуальних лабораторних робіт у поєднанні з вивченням реального обладнання, реальних явищ і процесів суттєво підвищує рівень знань, умінь та навичок студентів.

Ключові слова: дистанційне навчання, лабораторний стенд, віртуальний прилад, технічні засоби вимірювань.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з найважливіших напрямків розвитку сучасних освітніх технологій є розробка систем дистанційного навчання та наукових досліджень і впровадження на їх основі стандартів відкритої освіти. Ефективна реалізація даних технологій можлива на шляху створення віртуального інформаційно-освітнього середовища ВНЗу, яка об'єднує в єдиному інформаційному просторі різні корпоративні системи управління, електронні бібліотеки, системи дистанційного навчання та тренінгу, корпоративні системи тестування, автоматизації наукових досліджень та ін. В сукупності дані системи утворюють віртуальні представництва навчальних закладів, доступ до ресурсів якого здійснюється через Інтернет. Віртуальне представництво забезпечує централізоване управління навчанням, використовуючи корпоративні системи навчального закладу, одночасно реалізуючи розподілений дистанційний процес навчання [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні проблемам інформатизації професійної освіти присвячені численні дослідження (А.І. Башмаков, І.А. Башмаков, Д.Б. Григорович, Р.С. Гуревич, М.М. Козяр, А.Д. Кузик, П.І. Образцов, А.Н. Романов, В.С. Торопцов, А.Ю. Уваров, А.І. Уман, Л.С. Шевченко та інші). Проблеми формування та застосування у професійній підготовці фахівців інформаційно-освітніх середовищ досліджували А.А. Андреев, В.Ю. Биков, Ю.О. Жук, В.М. Кухаренко, В.В. Олійник, Е.С. Полат, Н.Г. Сиротенко, С.О. Сисоєва, В.І. Солдаткін, А.В. Хуторський та інші [2,3]. Незважаючи на велику кількість різнопланових і масштабних досліджень, що стосуються інформатизації освіти та використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання, зокрема інформаційних освітніх середовищ, у них не знайшли ґрунтовного вивчення питання розробки і застосування віртуаль-

них лабораторних робіт у професійній підготовці фахівців електротехнічного напрямку.

Мета статті – аналіз можливостей віртуальних лабораторних робіт при дистанційному навчанні та їх використання у професійній підготовці фахівців-електромеханіків у вищих навчальних закладах (ВНЗ).

Матеріал і результати дослідження

Важливим компонентом навчального процесу в загальних і спеціальних учбових закладах є лабораторний практикум. Традиційно учбові лабораторії оснащуються деяким набором технічних засобів, що дозволяють проводити прості виміри. Це стосується, в першу чергу, вузівських лабораторій дисциплін природничо-наукового і загальнотехнічного циклів, таких як фізика, електротехніка, електроніка, електрорадіовиміри. Комплект засобів вимірів тут зазвичай вельми обмежений і включає генератор електричних сигналів, вольтметр, амперметр, частотомір і осцилограф, тобто вимірювальні засоби загального використання.

В даний час йде інтенсивне впровадження в навчальний процес сучасних інформаційних технологій, проводиться широкомасштабна модернізація інформаційної інфраструктури системи освіти, формується єдине освітнє середовище. У таких умовах лабораторні ресурси не можуть залишатися на старому рівні, і потрібний новий підхід до їх формування. Перспективним напрямом модернізації учбової лабораторної бази є використання технології відкритих систем разом з впровадженням технології віртуальних приладів, заснованої на використанні методів комп'ютерних вимірів. Відповідно, має бути розроблений набір уніфікованих технологічних і організаційних рішень. Як типовий варіант можна запропонувати навчальну віртуальну вимірювальну лабораторію (НВВЛ) з наступним типовим набором засобів виміру: генератор сигналів спеціальної форми; універсальний осцилограф; електронно-лічильний частотомір; амперметр, вольтметр; ватметр; мультиметр.

Варіант подібної НВВЛ розроблений на кафедрі автоматики і електроприводу ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка. НВВЛ є апаратно-програмним комплексом, апаратна частина якого складається зі встановленої в персональний комп'ютер багатофункціональної плати вводу-виводу, за допомогою якої здійснюється формування і збір електричних сигналів, а програмна частина розроблена в середовищі графічного програмування Simulink.

НВВЛ може стати основою для організації в освітніх установах загального і технічного напрямку лабораторних практикумів по дисциплінах електротехнічного циклу, особливо для дистанційної форми навчання студентів.

Базовий варіант апаратної частини комплексу можна нарощувати шляхом додавання спеціальних адаптерів, що забезпечують дослідження широкого круга процесів і явищ стосовно різних дисциплін. Програмне забезпечення може бути доповнене модулями спеціалізованої аналогової і цифрової обробки сигналів, графічного представлення отриманих результатів і т.п. [4].

Для розроблення комплексу віртуальних лабораторних робіт були проаналізовані такі найбільш відомі прикладні комп'ютерні пакети, що призначені для проектування електронних блоків:

- пакет Electronics Workbench, який по суті є віртуальною лабораторією з досить широкими можливостями;

- пакет Design Lab - інтегрований програмний комплекс корпорації MicroSim для проектування аналогових, цифрових і аналого-цифрових пристроїв;

- пакет Micro-Cap - універсальний пакет програм для моделювання схемотехніки електронних ланцюгів;

- пакет Simulink середовища MATLAB - віртуальна лабораторія, що дозволяє збирати і досліджувати роботу багатьох видів електричних ланцюгів, електричних машин і пристроїв електроприводу, схем силової електроніки.

Порівняння програмних засобів моделювання, які застосовують для електричних схем, наведено в табл. 1. Порівняння пакетів проводилося по таких пунктах:

- моделювання аналогових пристроїв – можливість створення моделей пристроїв на основі елементів аналогової електроніки (резистори, транзистори, діоди, конденсатори, тиристри і так далі);

- моделювання цифрових пристроїв - створення моделей пристроїв на основі елементів цифрової електроніки (тригери, логічні елементи, інтегральні схеми дискретної логіки);

- можливість проектування друкарських плат;

- моделювання електричних машин - можливість створення моделей трансформаторів, двигунів, генераторів;

Таблиця 1
Порівняння засобів моделювання

Ознаки порівняння	Програмні засоби			
	Design Lab	Micro-Cap	Electr. Work Bench	Simulink
1. Моделювання аналогових пристроїв	+	+	+	+
2. Моделювання цифрових пристроїв	+	+	+	+
3. Проектування друкарських плат	+	-	+	-
4. Наявність віртуальних вимірювальних приладів	-	-	+	+
5. Моделювання електричних машин	-	-	+	+
6. Редагування структури моделей	-	-	+	+
7. Графічне відображення результатів моделювання	+	+	+	+
8. Зміна параметрів компонентів	+	+	+	+
9. Моделювання мультифізичних об'єктів	-	-	-	+

- редагування структури моделей - зміна готової розробки віртуальної схеми пристрою (спрощення схеми за рахунок видалення деяких компонентів або додавання компонентів для розширення можливостей даного електронного пристрою);

- графічне відображення результатів моделювання - наявність засобів наочного представлення процесів, що відбуваються в моделі (графіків перехідних процесів, залежностей характеристик компонентів від деякого варіюваного параметра);

- зміна параметрів компонентів - можливість зміни характеристик елементів моделі пристрою (величини напруги, струму, опору, індуктивності і так далі);

- моделювання мультифізичних об'єктів - можливість створення моделей пристроїв, що працюють на основі взаємодії різних за природою явищ (перетворення теплової енергії в електричну, електричної в механічну, і перетворення інших видів енергії).

Можливість моделювання електричних машин і схем силової електроніки, досить складних схем управління ними (пристроїв електроприводу) є головною відмінністю системи MATLAB від інших програмних засобів, призначених для моделювання електричних схем. Цей пакет заснований на побудові блочних схем шляхом переносу блоків з бібліотеки компонентів у вікно редагування створюваної користувачем моделі. Потім модель запускається на виконання. Для побудови функціональної блок-схеми модельованих пристроїв Simulink має велику бібліотеку блокових компонентів і зручний редактор блок-схем.

Виходячи з проведеного порівняння та аналізу, при розробці комплексу віртуальних лабораторних робіт був застосований пакет Simulink програмного середовища MATLAB [6].

Віртуальний курс лабораторних робіт з дисципліни „Основи метрології та електричних вимірювань” розроблений на базі кафедри автоматики і електроприводу ПНТУ імені Юрія Кондратюка, включає в себе 4 лабораторні роботи, а саме:

1. Лабораторна робота №1. "Вимірювання параметрів електричних мереж побічним методом за допомогою віртуальної вимірювальної лабораторії". Робота розрахована на 4 години самостійної роботи, з яких 2 години відведено на теоретичну підготовку і опрацювання матеріалу та 2 години на виконання цієї роботи за власним комп'ютером або в комп'ютерному класі. В процесі роботи студенти знайомляться з методикою використання віртуальних інструментів при створенні електронної лабораторії, будують завдані віртуальні електричні схеми з використанням віртуальних стрілкових аналогових приладів, вчаться вимірювати активні опори, індуктивності та ємності побічним методом, а також оцінювати похибки вимірювань (рис. 1). Студенти вивчають різноманітні системи аналогових приладів, їх переваги та недоліки, методи розширення границь вимірювань, відповідають на задані контрольні питання [5].

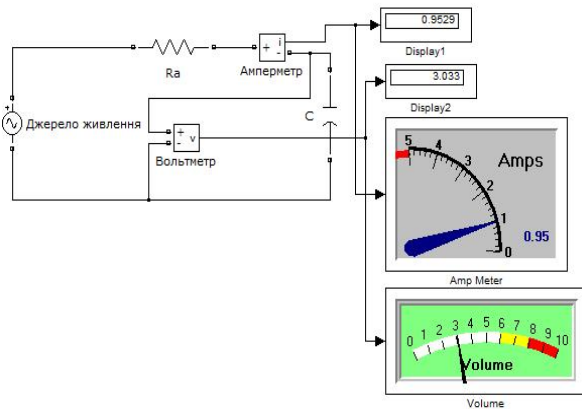


Рис. 1. Приклад побудови схеми лабораторної роботи № 1

2. Лабораторна робота №2. "Вимірювання параметрів електричних мереж мостовим методом за допомогою віртуальної вимірювальної лабораторії". Робота розрахована на 4 години самостійної роботи, з яких 2 години відведено на теоретичну підготовку і опрацювання матеріалу та 2 години на виконання цієї роботи за власним комп'ютером або в комп'ютерному класі. В процесі роботи студенти вивчають теоретичний матеріал по мостових схемах постійного та змінного струму, конструкції та принципи дії приладів порівняння – мостів та компенсаторів, знайомляться з методикою вимірювання електричних параметрів мостовим та компенсаційним методом з використанням віртуальних приладів, проводять вимірювання, відповідають на задані контрольні питання (рис. 2).

3. Лабораторна робота №3. "Дослідження параметрів періодичних сигналів за допомогою віртуального осцилографа". Робота розрахована на 6 годин самостійної роботи, з яких 2 години відведено на теоретичну підготовку і опрацювання матеріалу та 4 години на виконання цієї роботи за власним комп'ютером або в комп'ютерному класі. В процесі

роботи студенти вивчають структурні схеми та типовий набір блоків як електронного, так і цифрового осцилографа, знайомляться з основними характеристиками неперервних та імпульсних сигналів [5], здобувають навички в роботі з віртуальним осцилографом та генератором, вчаться генерувати сигнали різної форми, проводять вимірювання, відповідають на задані контрольні питання (рис. 3).

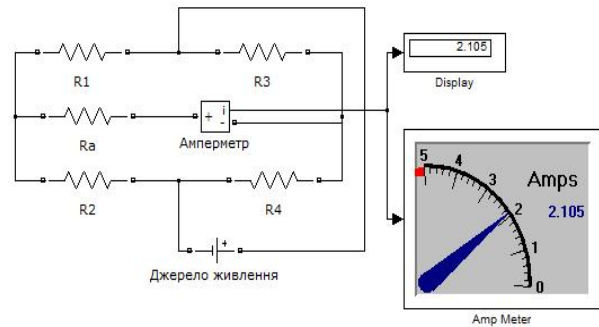


Рис. 2. Приклад побудови схеми лабораторної роботи № 2

Лабораторна робота №4. "Вимірювання потужності та енергії". Робота розрахована на 6 годин самостійної роботи, з яких 2 години відведено на теоретичну підготовку і опрацювання матеріалу та 4 години на виконання цієї роботи за власним комп'ютером або в комп'ютерному класі. В процесі роботи студенти вивчають структурні схеми, принципи дії, схеми підключення аналогових та цифрових ватметрів та лічильників електричної енергії. Окрема увага приділяється вивченню одиниць вимірювання потужності та енергії: повної, активної та реактивної. Вивчаються схеми однофазних та трифазних ланцюгів з симетричним та несиметричним навантаженням. Розглядаються методи вимірювань активної й реактивної потужності та енергії.

Подібна НВВЛ може стати обов'язковим функціональним блоком у складі центрів колективного користування. Використання в цьому випадку режиму видаленого доступу дозволить істотно поліпшити лабораторне забезпечення навчального процесу з вищезазначених дисциплін.

Висновки

Створення і впровадження віртуальних лабораторій є основою для підвищення ефективності проведення практичних та лабораторних занять технічного спрямування. Також можна спрогнозувати підвищення інтересу до процесу навчання в групах студентів за рахунок конструктивістського інноваційного підходу до методики викладання дисциплін інженерного рівня.

Віртуальні лабораторні роботи у професійній підготовці майбутніх електромеханіків забезпечують індивідуальність і самостійність діяльності студентів, розвивають творче мислення і формують

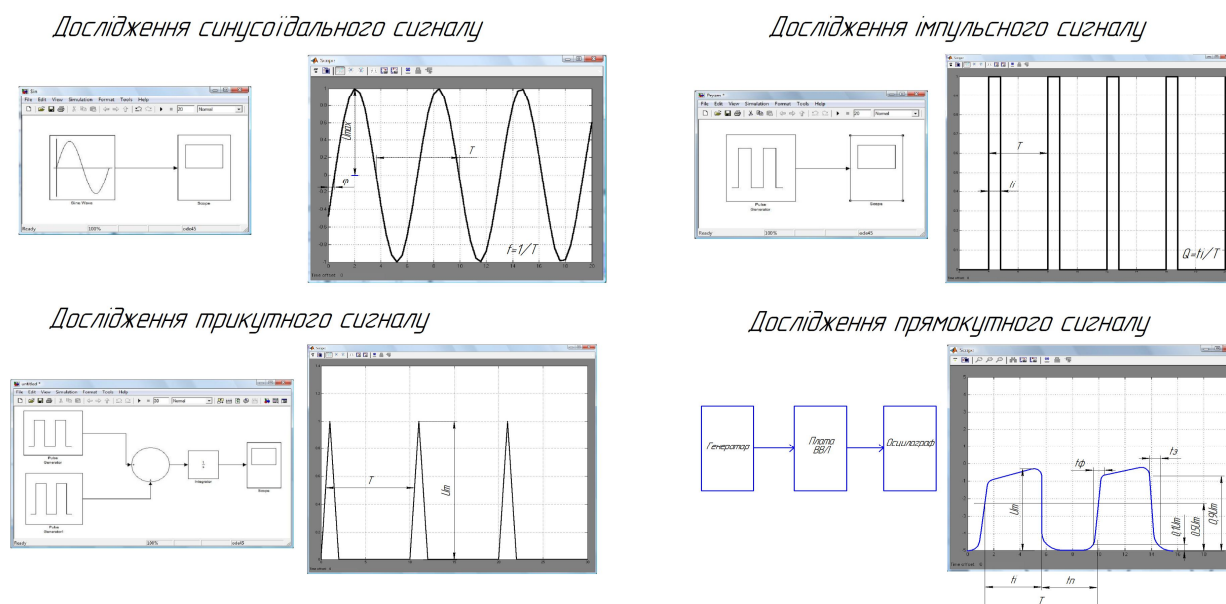


Рис. 3. Приклади отримання та дослідження сигналів лабораторної роботи №3

здатність оперативного прийняття рішень, і, відтак, суттєво підвищують рівень знань, умінь та навичок. Разом з тим, використання віртуальних лабораторних робіт повинно поєднуватися з вивченням реального обладнання, реальних явищ і процесів. Дидактичні можливості віртуальних лабораторних робіт можуть бути покладені в основу розробки моделі удосконалення професійної технічної освіти.

Список літератури

1. Лурье М.С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники. / М.С. Лурье, О. М. Лурье-Красноярск: СибГТУ, 2007. - 138 с.
2. Мазур М.П. Особенности разработки виртуальных практических интерактивных пособий навчання дисциплін для дистанційного навчання / М.П. Мазур, С.С. Петровський, М.Л. Яновський // Інформаційні технології в освіті. – 2010. – № 7. – С. 40 – 46.
3. Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності / О.В. Семеніхіна., В.Г. Шамоля //

Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – 2011. – № 1 (11). – С. 341 – 345.

4. Сав'юк Л.О. Проектування віртуальних лабораторних практикумів в структурі систем дистанційного навчання / Л.О.Сав'юк, А.О.Рогач // Матеріали IV міжн. НПК "Сучасні інформаційні системи і технології", Суми, 2012. – Суми, 2016. – С. 120-121.
5. Метрологія та вимірювальна техніка: Підр. / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько. – Львів : Бескид біт, 2012.- 544 с.
6. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. – СОЛОН-Пресс, 2004.
7. Клименко А.М. Віртуальні прилади у вимірювальній лабораторії / А.М. Клименко, В.В. Стаднік, Ю.І. Скорін // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип. : Інформатика та моделювання. – Х. : НТУ "ХПІ". – 2012. – № 38. – С. 84-92

Надійшла до редколегії 16.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Шульга, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА ПРИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Н.В. Ермилова, А.С. Остапенко

Рассмотрены современные методы лабораторных исследований при дистанционном обучении, их преимущества и недостатки, использование виртуальных измерительных лабораторий в учебном процессе. Предложена учебная виртуальная измерительная лаборатория по курсу «Основы метрологии и электрических измерений». Установлено, что выполнение виртуальных лабораторных работ в сочетании с изучением реального оборудования, реальных явлений и процессов существенно повышает уровень знаний, умений и навыков студентов.

Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторный стенд, виртуальный прибор, технические средства измерений.

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE CREATION OF VIRTUAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT REMOTE ACCESS TO THE ELECTRICAL ENGINEERING TRAINING AREAS

N.V. Yermilova, A.S. Ostapenko

Modern methods of laboratory research in distance education, their advantages and disadvantages, the use of virtual measurement laboratories in the educational process. A study measuring the virtual laboratory of the course "Fundamentals of metrology and electrical measurements." It was established that the implementation of virtual laboratory works in conjunction with the study of real equipment, real phenomena and processes significantly increases the level of knowledge and skills of students.

Keywords: distance learning, laboratory bench, virtual appliance, technical measuring instruments.

УДК 621.391

В.В. Жебка, С.М. Шевченко, В.В. Онищенко

Державний університет телекомунікацій, Київ

ОСНОВНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЮ МЕРЕЖЕЮ

У статті розглянуті принципи та етапи управління телекомунікаційною мережею. Спираючись на дослідження в технічній літературі, проаналізовані різні підходи до сучасних телекомунікаційних мереж та управління ними. Проаналізовані етапи управління телекомунікаційною мережею. Охарактеризовано математичне моделювання процесу управління телекомунікаційною мережею.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, система управління, математична модель, система передачі інформації.

Вступ

На сьогодні галузь телекомунікацій є однією з пріоритетних галузей, яка швидко розвивається. Спостерігається значний приплив наукового потенціалу та матеріального забезпечення у вказану галузь, що звичайно має позитивний вплив на її розвиток. Постачальники послуг забезпечили значну кількість технологічних інновацій, які користуються значним попитом серед користувачів.

Незважаючи на високий темп розвитку, галузь телекомунікацій України не відповідає темпам розвитку провідних країн світу. На це впливають наступні чинники [4]:

- низький рівень фінансування інноваційного розвитку і недостатність власних коштів операторів телекомунікацій;
- відсутність науково-методологічної бази формування інноваційної системи сфери телекомунікацій;
- відсутність належної мотивації вітчизняних операторів до впровадження науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт;
- низький рівень взаємозв'язків науки й виробництва;
- низька інвестиційна активність вітчизняних і закордонних інвесторів;
- відсутність координації дій суб'єктів інноваційної діяльності.

Високі темпи розвитку телекомунікаційних мереж зумовлюють вдосконалення систем управління цими мережами.

Розробці методів синтезу мереж та систем управління мережами присвячені роботи таких вчених як Аріпов М.Н., Беркман Л.Н., Варакін Л.С., Вітербі Е.Д., Колченко Г.Ф., Лазарев В.Г., Нетес В.А., Нечипоренко В.І., Якубайтіс Е.А. та ін.

Проте, незважаючи на велику кількість досліджень з питань синтезу оптимальних телекомунікаційних мереж, удосконалення процесу управління та підвищення якості телекомунікаційної мережі в ці-

лому, зазначена проблема зберігає свою актуальність та загострюється в процесі розвитку телекомунікаційної мережі.

У наукових джерелах здебільшого відображені різноманітні концепції побудови телекомунікаційних мереж, які в основному придатні для однорідних мереж, а сучасні телекомунікаційні мережі є мультисервісними, які характеризуються широким спектром різноманітного обладнання та умов функціонування.

Таким чином, питання управління телекомунікаційною мережею залишається актуальним і сьогодні. Для того, щоб здійснювати ефективне управління телекомунікаційною мережею, необхідно побудувати модель процесу управління, а для цього необхідно чітко розуміти кроки, з яких він складається.

Мета статті – теоретично обґрунтувати процес управління телекомунікаційною мережею, виділити кроки управління та розкрити їх суть.

Результати дослідження

Управління – це процес організації такого цілеспрямованого впливу на об'єкт, при якому відхилення параметра від норми не перевищує допустимого значення.

Управління телекомунікаційною мережею, як і будь-яким складним об'єктом складається з певних етапів (рис. 1) [5].

Формулювання цілей управління. На даному етапі визначаються цілі, які повинні бути реалізовані в процесі управління. Тобто визначається, який стан об'єкта хоче отримати суб'єкт, і чи не може такий стан бути отриманий природним шляхом, тобто без управління. Якщо потрібний стан можна отримати лише за допомогою управління, то, відповідно, потрібний стан береться за ціль управління.

Визначення об'єкта управління. На даному етапі виділяють ту частину середовища споживача, стан якої його цікавить у зв'язку з реалізацією сформульованих цілей.

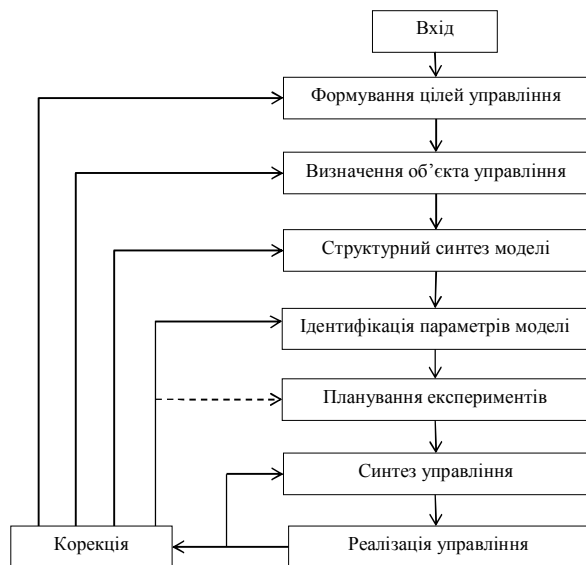


Рис. 1. Блок-схема управління складним об'єктом

Перед тим, як перейти до наступних етапів управління, потрібно створити модель об'єкта управління, без якої є неможливим управління складним об'єктом.

Під моделлю об'єкта управління будемо розуміти залежність F , яка зв'яже стан Y об'єкта з його входами – не управляючими X і управляючими U : $Y = F(X, U)$.

Структурний синтез моделі. На даному етапі визначають вид залежності F без врахування значень її параметрів. Для цього проведемо наступну операцію: розділимо модель F на її структуру St і параметри c_1, \dots, c_k , тобто представимо модель у вигляді пари:

$$F = (St, C),$$

де $C = (c_1, \dots, c_k)$ – вектор параметрів моделі. На етапі структурного синтезу визначають лише структуру St моделі, а конкретними значеннями параметрів C не цікавляться.

Під структурою в загальному вигляді слід розуміти вид елементів, з яких складається об'єкт і відношення між елементами. В нашому випадку у структуру телекомунікаційної мережі входять мережні елементи, зв'язані між собою відношеннями.

Ідентифікація параметрів моделі. На даному етапі відбувається визначення числових значень параметрів $C = (c_1, \dots, c_k)$ в режимі нормального функціонування, тобто за відсутності управляючих дій над об'єктом. Вихідною інформацією для ідентифікації є структура St і спостереження за поведінкою входу $X(t)$ і виходу $Y(t)$ об'єкта при його взаємодії з середовищем. Тобто, джерелом інформації при ідентифікації є пара

$$I(t) = (X(t), Y(t)).$$

Процес ідентифікації полягає у пасивному спостереженні. Слід зауважити, якщо експерименту не

уникнути, то його потрібно проводити мінімально впливаючи на об'єкт, але при цьому отримати максимальну інформацію про вплив параметрів, які змінюються.

Планування експерименту. На даному етапі головним є синтез плану експерименту, який дозволяє з максимальною ефективністю визначити параметри моделі об'єкта управління. В процесі планування експерименту важливим є врахування стану середовища X , тобто для отримання інформації необхідно розглядати трійку

$$I = (X(t), U(t), Y(t)).$$

На етапі планування експерименту визначаються параметри моделі, які не можна визначити на етапі ідентифікації, і коректується структура моделі. Задача синтезу, якій присвячено три останні етапи (3, 4 і 5), можна вважати виконаною. Отримана модель є ключовою для процесу синтезу управління.

Синтез управління. Цей етап пов'язаний з прийняттям рішення про те, яким саме повинно бути управління, щоб досягнути поставлених цілей. Це рішення спирається на модель об'єкта, задану ціль, отриману інформацію про стан середовища та виділений ресурс управління, який найчастіше представляє собою обмеження накладені на управління у зв'язку зі специфікою об'єкта і можливостями системи управління. Синтезоване управління вважається оптимальним, так як воно повинно задовольняти поставлену ціль управління. Синтезоване управління – це програма зміни управляючих параметрів у часі. Реалізація цієї програми відбувається на наступному етапі.

Реалізація управління. На даному етапі відбувається реалізація програми оптимального управління. При цьому відомості про стан середовища X , об'єкта Y та його моделі F повинні бути достовірними. Проблема реалізації управління може виникнути у тому випадку, якщо при синтезі управління, що реалізується (позначимо вектор команд управління U^*) не були враховані важливі фактори, які впливають на досягнення цілей (позначимо вектор цілей Z^*) управління в об'єкті.

Причинами невизначеностей є:

- обмеженість всякого роду прогнозів стану середовища; справа в тім, що управління, яке синтезувалося для прогнозованого стану X , може відрізнитися від дійсного;

- вплив факторів E , які не можна точно визначити, але, які впливають на ситуацію в об'єкті, яка склалася у процесі управління;

- невідповідність між об'єктом F^0 (через F^0 позначимо реальний об'єкт управління) та його моделлю.

Саме для усунення вказаних невизначеностей призначені адаптаційні алгоритми.

Іноколи деяких етапів процесу управління може і не бути, оскільки у них немає необхідності.

Позначимо через вектор $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ команди управління. Від цього вектора певним чином залежать показники якості мережі, які оптимізуються в процесі управління

$$k_1 = f_1(U), k_2 = f_2(U), k_3 = f_3(U),$$

де f_1, f_2, f_3 – цільові функції, які визначають значення показників якості мережі в залежності від команд управління.

В якості показників якості k_1, k_2, k_3 можуть бути затримка передачі інформації, швидкість передачі інформації та ймовірність помилки.

Сформулюємо задачу управління телекомунікаційною мережею. Для цього необхідно визначити ціль та об'єкт управління, яким є безпосередньо сама мережа. Суб'єктом управління є користувач цією мережею. Користувач виступає як активний суб'єкт системи управління, а саме він визначає ціль управління. Тобто він безпосередньо впливає на об'єкт управління.

Для побудови системи управління нам необхідно визначити входи та виходи мережі. Через некерований вхід X позначимо параметри мережі, а керований U відповідає за команди управління. Виходом нашого об'єкта є параметри послуг Y , тобто параметри системи отримані в результаті управління. Вихід Y залежить від потреб користувачів, тому $Y = (z_1, z_2, z_3)$. Безпосередньо «управляючим пристроєм» є мережа управління побудована на базі концепції мережі управління телекомунікаціями (TMN). Вона визначає команди управління мережею.

Перше, що потрібно визначити, – це ціль управління. Зрозуміло, що загальна ціль управління – це покращення якості функціонування системи передачі інформації.

Будуємо цільову функцію та визначаємо область, в межах якої будемо оптимізувати отриману функцію. На основі отриманої цільової функції визначаємо функції f_1, f_2, f_3 і будуємо алгоритм управління телекомунікаційною мережею, метою якого є

мінімізація середнього квадратичного відхилення. Цільова функція та область, на якій вона буде розглядатися, будуть визначені в залежності від показників якості, які необхідно оптимізувати, та конкретної мережі.

Висновок

Розглянуті етапи управління телекомунікаційною мережею складають основу моделювання процесу управління, яке в подальшому продовжуватиме удосконалюватися разом із розвитком телекомунікаційної мережі.

Список літератури

1. Алексеев Е.Б. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие для вузов / Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.
2. Беркман Л.Н. Подходи до побудови систем управління мережами наступного покоління / Л.Н. Беркман, Г.Ф. Колченко, О.Г. Варфоломеева, О.А. Маркіна // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2007. – № 1. – С.11-19.
3. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления / В. Г. Болтянский. – М. : Наука, 1969. – 363 с.
4. Жебка В.В. Реалізація мережі майбутнього в Україні / В.В. Жебка // Вісник ДУІКТ. – К.: ДУТ, 2013. – №4. – С. 73-78.
5. Жебка В.В. Сучасні системи управління інфокомунікаційною мережею, як складним об'єктом / В.В. Жебка // Наукові записки українського науково-дослідного інституту зв'язку. – К.: УНДІЗ, 2013. – №3(27). – С. 80-86.
6. Коновалов Г.В. Многомерные сети - будущее инфокоммуникационных сетей / Г.В. Коновалов // Электросвязь – 2008 – № 4. – С. 23-29.
7. Растринин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами / Л. А. Растринин – М. : Сов. радио, 1980. – 232 с.

Надійшла до редколегії 22.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ

В.В. Жебка, С.Н. Шевченко, В.В. Онищенко

В статье рассмотрены принципы и этапы управления телекоммуникационной сетью. Опираясь на исследования в технической литературе, проанализированы различные подходы к современным телекоммуникационным сетям и управления ими. Проанализированы этапы управления телекоммуникационной сетью. Охарактеризованы математическое моделирование процесса управления телекоммуникационной сетью.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, система управления, математическая модель, система передачи информации.

MAIN ASPECTS OF MANAGEMENT MATHEMATICAL MODELING OF TELECOMMUNICATION NETWORKS

V.V. Zhebka, S.N. Shevchenko, V.V. Onyshchenko

The article describes the principles and stages of telecommunication network management. Based on studies in the technical literature, analyzed various approaches to modern telecommunication networks and management. Stages telecommunication management network. Characterized mathematical modeling of the management of the telecommunications network.

Keywords: telecommunication network, management system, mathematical model, a system of information transmission.

УДК 614.8 : 519.711

Н.Г. Кучук¹, С.М. Нечаусов²¹ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків² Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті запропонована математична модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища. Модель зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів. Модель враховує територіальну розподіленість необхідних освітніх ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань e-learning при виникненні непередбаченої ситуації.

Ключові слова: e-learning, непередбачена ситуація, навчальний ресурс.

Вступ

В даний час на ринку IT-технологій розподілені хмарні платформи поступово витісняються конвергентними і гіперконвергентними платформами [1]. Інфраструктури, що створюються на конвергентній платформі, припускають об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережних ресурсів в пул, заздалегідь сконфігурований для роботи в дата-центрі [2], а при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів, а управління ними відбувається через загальну консоль адміністрування [3].

При гіперконвергентній структурі для управління ЕОР часом досить одного системного адміністратора. Це істотно знижує витрати на обслуговування системи. Тому дана платформа є однією із кращих для університетського e-learning.

Мета використання систем e-learning складається в управлінні знаннями кожного учня на основі достовірної оцінки його знань (в процесі навчання, підвищення кваліфікації та ін.). Для e-learning є характерною незалежність територіального положення того, хто навчається, гнучкий індивідуальний графік проходження навчального плану, відсутність суб'єктивності екзаменатора при оцінці знань і багато іншого [4]. Базою e-learning є електронні освітні ресурси (ЕОР). Під ЕОР в загальному випадку розуміють сукупність засобів програмного, інформаційного, технічного та організаційного забезпечення, електронних видань, що розміщуються на електронних носіях [5].

На якість функціонування e-learning негативно впливають непередбачені ситуації (НС), як з апаратними, так і з програмними засобами підтримки системи. При виникненні НС виникає завдання оперативного перерозподілу наявних ресурсів з метою зменшення негативного впливу НС, тобто актуаль-

ною стає проблема оперативного перерозподілу ресурсів, підходи до вирішення якої розглядаються багатьма авторами, наприклад, в [6–9].

У [10] запропонована математична модель (ММ) процесу оперативного управління, яка дозволила врахувати вимоги до оперативності ухвалення рішень по перерозподілу ресурсів. розподіленість ресурсів, що привертаються, та неповноту інформації. Модель базується на m-рівневому дереві опису гіперконвергентної структури

$$G_X = (\bar{X}, R), \quad (1)$$

де X^0 – його корінь (загальна консоль адміністрування); $\bar{X} = (X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1})$ – кортеж, що складається з множини окремих структур навчання (ОСН) різних рангів; $\bar{X}^i = (X_1^i, X_2^i, \dots, X_{\ell_i}^i)$ ($0 \leq i \leq m-1$) – множина ОСН i-го рангу; $R = \{r_{jv}^i\}$ ($0 \leq i \leq m-2$; $1 \leq j \leq \ell_i$; $1 \leq v \leq \ell_{i+1}$) – множина дуг графа, що є зв'язками підлеглості між ОСН, індекс i указує ранг ОСН j, з якого виходить зв'язок; v – номер вершини (i+1)-го рангу, в яку входить зв'язок.

Це надало можливість запропонувати математичну модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища, та зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів, що і є **метою статті**.

Результати дослідження

Відповідно до ММ, запропонованої в [10], освітні ресурси (ОР) знаходяться на нижньому рівні ієрархії (1) – під управлінням ОСН (m-1)-го рангу $\{X^{v_{m-1}}\}$, $1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}$. Множина цілей та завдань e-learning, що потребують дані ОСН, задається як

сукупність відношень h на кортежі множин цілей ОСН різних рангів $G_{C_0}^{m-1} = \{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$, у котрій кожний елемент визначається таким чином:

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \left(\bar{C}_0^{v_{m-1}}, h \right); \quad (2)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1}} = \left(C_0^{v_{m-1,0}}, \bar{C}_0^{v_{m-1,1}}, \dots, \bar{C}_0^{v_{m-1,n-1}} \right); \quad (3)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1,f}} = \left(C_0^{v_{m-1,f,1}}, \dots, C_0^{v_{m-1,f,\ell_f}} \right); \quad 0 \leq f \leq n-1, \quad (4)$$

$$h = \left\{ h_{jg}^f \right\}, \quad 0 \leq f \leq n-2; \quad 1 \leq j \leq \ell_f; \quad 1 \leq g \leq \ell_{f+1}, \quad (5)$$

де $C_0^{v_{m-1,0}}$ – головна ціль управління v -ої ОСН $(m-1)$ -го рангу; f – ідентифікатор рангу елемента $G_{C_0}^{v_{m-1}}$; ℓ_f – кількість цілей f -го рангу h_{jg}^f – відношення умов досяжності цілей верхнього рівня (відповідно індексам).

Здійснимо декомпозицію кожного елемента множин завдань кожного елемента на кортежі вкладених підструктур [8]:

$$G_{C_0}^{m-1} : K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle; \quad (6)$$

$$\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}} \right\} : K^f = \langle K_1^f, \dots, K_{\ell_f}^f \rangle, \quad (7)$$

де $\bigcup_{j=1}^{\ell_f} K_j^f = G_{C_0}^{v_{m-1}}$ $K_j^f \cap K_p^f = \emptyset$; $1 \leq f \leq n-2$,

$j \neq p$, $1 \leq \ell_f \leq \ell_f$

Вкладеність відповідає такій умові: будь-яка підструктура розвитку f -го рівня, тобто елемент множини K_j^f , є об'єднанням декількох підструктур $K_1^{f+1}, \dots, K_{\ell_{f+1}}^{f+1}$ рівня $(f+1)$.

Розбиття здійснюється наступним чином. У кореневій підструктурі $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ виділяють підструктури з вершинами, які безпосередньо пов'язані співвідношеннями h_{jg}^f з $C_0^{v_{m-1}}$. При цьому повинна виконуватися умова, що не існує вершин, котрі належить різним підструктурам, які були б пов'язані відношенням h .

Таким чином, розбиття $K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle$ означає множини незалежних відношень $\{h_{jg}^f\}$ підструктур на множині $G_{C_0}^{v_{m-1}}$. Представимо їх у вигляді

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}}. \quad (8)$$

Вплив зовнішнього середовища на об'єкт управління можна задати у вигляді такого гомоморфного відображення:

$$\bar{\alpha} : \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}} \right\} \rightarrow \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}, \quad (9)$$

де $\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}$ – множина підструктур і завдань ОСН, що індукуються впливом зовнішнього середовища.

Далі, нехай

$$\bar{\beta} : \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\} \xrightarrow{K} \left\{ G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \right\} \quad (10)$$

є відображенням множини $\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}$ у множини підмножин незалежних підструктур, що індукується розбиттям K . Визначимо множини підструктур цілей ОСН для v -го органу управління $(m-1)$ -го рангу:

$$\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^{**}} \right\} \subset \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \cup \quad (11)$$

$$\bigcup_{\beta^v=1}^U \left(G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \cap \left\{ \left\{ G_{C_0, \beta^1}^{1,m-1} \right\} \times \dots \times \left\{ G_{C_0, \beta^\ell}^{\ell,m-1} \right\} \right\} \right),$$

тобто множина підструктур цілей e-learning, що стоять перед кожним з $v \in \overline{1, \ell_{m-1}}$ ОСН $(m-1)$ -го рангу, можна представити як об'єднання двох його кінцевих підмножин: підструктур цілей, визначених в процесі аналізу об'єкту, підлеглого v -му ОСН, і підструктур цілей, поставлених ОСН рангу $i \in \overline{0, m-2}$, що входять до структур цілей ОСН $(m-1)$ -го рангу, відмінних від v . Оскільки ресурси ОСН $(m-1)$ -го рангу обмежені, то перерозподіляючи їх, кожен з ОСН $(m-1)$ -го рангу формує множини варіантів завдання підмножин на множині підструктур цілей e-learning, які можуть бути досягнуті, виходячи з наявних ресурсів.

Надалі визначимо структури перерозподілу ресурсів:

$$S_{pr_v} = \left(\begin{array}{l} G_{C_0}^{v_{m-1}} = \left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\} \cup \\ \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\} \cup \left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}, R^S \end{array} \right), \quad (12)$$

що базується на підструктурах цілей e-learning, забезпечених ресурсами $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, незабезпечених ресурсами $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, і які не поставлені перед v -м ОСН $(m-1)$ -го рангу $\left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\}$. Кожному елементу $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$ визначений у відповідність вектор необхідних ресурсів:

$$e_B = \left(e_B^1, e_B^2, \dots, e_B^{\ell_B} \right). \quad (13)$$

R^S є множиною зв'язків з $\left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\}$, $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$

до $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, а також заданих на елементах множини

ни $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$, причому кожному зв'язку інцидентний вектор перерозподіляємих ресурсів

$$e_D = (e_D^1, e_D^2, \dots, e_D^{\ell_D}), \quad (14)$$

при цьому повинна виконуватися умова

$$\sum_{a \in \ell_a} e_{D_a} = e_{B_C}, \quad (15)$$

тобто сума векторів ресурсів, інцидентних відповідним зв'язкам з вершин $a \in \ell_a$, і що входять у вершину C , дорівнює вектору потрібних ресурсів вершини C .

Таким чином, на множині $\{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$ можна визначити множину структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , задаючи різні R^S . В результаті цього буде отримано множину підмножин $\{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\}$, що включають в загальному випадку різні підструктури цілей e-leagning, котрі стоять перед ОСН $X^{v_{m-1}}$. Очевидно, що в процесі функціонування системи ОСН $X^{v_{m-1}}$ цікавить не універсальна множина таких структур, а кінцева його підмножина, що задовольняє певним умовам. Тому множиною $\{S_{prv}\}$ структур перерозподілу ресурсів на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ називатимемо сукупність структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , заданих на елементах множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, якщо для кожної з них виконуються умови:

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \cap \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon = \emptyset \right), \quad (16)$$

де ε, ρ – структури перерозподілу; $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – доповнення множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$, утвореної структурою ε ;

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon \right), \varepsilon \neq \rho. \quad (17)$$

Для вирішення завдання перерозподілу ресурсів визначимо множину підструктур перерозподілу $\{S_{prv}^P\}$ структури S_{prv} , заданої на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ як таку їх сукупність, що для кожної підструктури перерозподілу, замість умови (16) виконується таке:

$$\forall \rho \exists \varepsilon \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P \subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon \right), \quad (18)$$

де $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P$, $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – множини, створені відповідно $S_{prv\rho}^P \in \{S_{prv}^P\}$ та $S_{prv\varepsilon} \in \{S_{prv}\}$.

Тоді, якщо для вирішення завдань із множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ v -му органу управління виділені ресурси в результаті вирішення завдань перерозподілу ресурсів в $G_{C_n} = (\bar{C}_n, S_n)$, то множина структур перерозподілу, визначена на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, до виділення додаткових ресурсів, буде множиною підструктур структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ вже з урахуванням виділених ресурсів. Сказане слідує з наступного твердження.

Твердження. Нехай на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ визначена множина $\{S_{prv}\}$ і v -му ОСН виділена множина додаткових ресурсів. Тоді об'єднання будь-якої із структур, множина R^S яких формується з додаткових ресурсів на елементах множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho$ та структури $S_{prv\rho} \in \{S_{prv}\}$, буде підструктурою принаймні одній із множин структур, заданих на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням всіх ресурсів, включаючи додаткові, які має в своєму розпорядженні v -й ОСН $(m-1)$ -го рангу.

Розширимо структуру перерозподілу ресурсів таким чином. Нехай задані $X^{ij} \in \bar{X}$ графа G_X , причому $0 \leq i \leq m-2$, та $\{X^{i+1,v}\}$, де $1 \leq v \leq \ell_{i+1}$ – множина елементів рангу $(i+1)$, для яких виконується умова

$$\forall X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up} |X^{i+1,v}| = X^{ij} \right), \quad (19)$$

де $R|X_i|$ – зріз відношення $R \subseteq X \times X$ через елемент $X_i \in X$ R^{up} – тільки ті зв'язки, що йдуть до ОСН вищого рангу. Тоді підструктурою перерозподілу ресурсів на множині нащадків ОСН X^{ij} визначимо структуру $S_{pr}^{ij} = (\{X^{i+1,v}\}, R^{ij})$, кожному зв'язку якої $\lambda_{v\eta}^{ij} \in R^{ij}$, направлено з вершини $X^{i+1,v}$ до вершини $X^{i+1,\eta}$ ($1 \leq v, \eta \leq \ell_{i+1}$) інцидентний вектор $e_{v\eta} = (e_{v\eta}^1, e_{v\eta}^2, \dots, e_{v\eta}^{\ell_{v\eta}})$ ресурсів, що перерозподіляються.

Далі, якщо задана множина $\{X^{i+1,v}\}$, то визначимо тоді множину $\{X^{m-1,v_{m-1}}\}$ як максимальну підмножину \bar{X}^{m-1} для кожного елемента якого виконується умова:

$$X^{m-1,v_{m-1}} \in \{X^{m-1,v_{m-1}}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up_{m-1}} |X^{m-1,v_{m-1}}| = X^{i+1,v} \right); \quad (20)$$

$$0 \leq i \leq m - 2, 1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}.$$

Множиною структур перерозподілу ресурсів на множині безпосередніх нащадків органу управління

X^{ij} назовемо таку їх сукупність $\{S_{pr}^{ij}\}$, що для кожної виконується така умова:

$$\forall S_{pr}^{ij} \in \{S_{pr}^{ij}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \exists X^{m-1,v_{m-1}} \left[\begin{array}{l} R^{upm-i} \left| X^{m-1,v_{m-1}} \right| = X^{i+1,v} \ \& \\ \& \exists \left\{ S_{prD}^{m-1,v_{m-1}} \right\}_\rho \in \\ \in \left\{ S_{prD}^{m-1,v_{m-1}} \right\} \forall \left\{ S_{pr}^{m-1,v_{m-1}} \right\}_\varepsilon \in \\ \in \left\{ S_{pr}^{m-1,v_{m-1}} \right\} \left(\left\{ G_{C_0BD}^{v_{m-1}} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}} \right\}_\varepsilon \right) \end{array} \right] \quad (21)$$

де $\{S_{prD}^{m-1,v_{m-1}}\}$ – множина структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням частини додаткових ресурсів, виділених в результаті перерозподілу ОСН X^{ij} , яка визначена v_{m-1} -му ОСН $(m - 1)$ -го рангу.

Кожна із структур $\{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$ визначає перерозподіл ресурсів між безпосередніми нащадками ОСН v_{m-2} . Кожен з цих нащадків задає на множині власних структур цілей і завдань оперативного управління множини структур перерозподілу ресурсів з урахуванням додатково виділених відповідно до структури $S_{pr\rho}^{v_{m-2}} \in \{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$.

Висновки

У статті запропонована математична модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища. Модель зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів.

Модель враховує територіальну розподіленість необхідних освітніх ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань e-learning при виникненні непередбаченої ситуації.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розробкою на базі запропонованої математичної моделі методу оперативного перерозподілу ресурсів.

Список літератури

1. Riverbed Hyper-converged Edge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.riverbed.com/document-repository/white-paper--riverbed-hyper-converged-edge.html>.
2. Время конвергентных инфраструктур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.osp.ru/os/2012/04/13015754>.
3. В чем преимущество гиперконвергентных систем? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.convergedsystem.ru/portfel-produktov-hp-convergedsystem/giperkonvergentnye-sistemy>.
4. <https://www.onlinelearningsurvey.com>.
5. Udaya Sri K., Vamsi Krishna T.V. E-Learning : Technological Development in Teaching for school kids // International Journal of Computer Science and Information Technologies. — 2014. — P. 61.24-61.26.
6. Ваганов П.А. Катастрофология / П.А. Ваганов. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. – 124 с.
7. Архипова Н.И. Управление в чрезвычайных ситуациях. 3-е изд., перераб. и доп / Н.И. Архипова, В.В. Кульба. – М.: Рос. гос. гуманитар. ун-т, 2012. – 352 с.
8. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44-48.
9. Кучук, Г.А. Управление трафиком мультисервисной розподіленої телекомунікаційної мережі / ГА Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – Вип 2. – С. 18-27.
10. Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера / Н.Г. Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 3 (128). – С. 140-143.

Надійшла до редколегії 2.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяев, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ СРЕДЕ

Н.Г. Кучук, С.Н. Неchaусов

В статье предложена математическая модель процесса оперативного перераспределения ресурсов, ориентированная на гиперконвергентную архитектуру базовой программно-аппаратной среды. Модель ориентирована на среду обслуживания электронных образовательных ресурсов. Модель учитывает территориальную распределенность необходимых образовательных ресурсов, иерархию органов управления и приоритетность задач. Перераспределение ресурсов ориентировано на выполнение целей и задач e-learning при возникновении непредвиденной ситуации.

Ключевые слова: e-learning, непредвиденная ситуация, учебный ресурс.

MATHEMATICAL MODEL OF OPERATIONAL RE-DISTRIBUTION OF COMPUTING RESOURCES IN THE HYPERCONVERGENT MEDIUM ENVIRONMENT

N.G. Kuchuk, S.M. Nechausov

In the article the mathematical model of rapid reallocation of resources oriented architecture hyperconvergent basic software and hardware environment. The model focused on environment maintenance of electronic educational resources. The model takes into account the territorial allocation necessary educational resources, hierarchy management and prioritization of tasks. Redistribution of resources focused on the objectives and tasks of e-learning in the event of an emergency.

Keywords: e-learning, unpredictable situation, educational resource.

УДК 004.056.5

Д.Д. Левченко

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КЛАСТЕРУ НЕРЕЛЯЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ CASSANDRA

Головною ідеєю статті є аналіз факторів, що впливають на продуктивність кластеру Cassandra. У роботі була розглянута архітектура кластеру нереляційної бази даних, проаналізовані можливості такої архітектури. У статті перелічені основні фактори, які впливають на продуктивність кластеру. Особливу увагу було приділено таким факторам як кешування та довговічність.

Ключові слова: база даних, Cassandra, архітектура, кластер, продуктивність, commitlog, операції читання, операції запису, кеш, кежування, довговічність, fsync.

Вступ

Актуальність. Аналіз літератури. До появи реляційної моделі розробники спробували інші моделі, такі як ієрархічні моделі і спрямований граф. Заснована на SQL реляційна модель - яка сьогодні є стандартом де-факто - залишається переважаючою близько 30 років. Це чудове досягнення, враховуючи коротку історію і швидкі темпи розвитку обчислювальної техніки. Реляційна модель настільки добре вкоренилася, що протягом багатьох років вибір способу зберігання даних для додатків був очевидним.

Однак такі явища, як зростання бази користувачів систем, мобільні пристрої, розширене присутність користувачів в Інтернеті, хмарні обчислення і багатоядерні системи, привели до появи все більш великомасштабних систем. Хайтек-компанії, такі як Google і Amazon, одними з перших зіткнулися з цими проблемами масштабу. Незабаром вони виявили, що реляційні бази даних не оптимальні для підтримки великомасштабних систем [3].

У міру зростання обсягу банку даних сильно знижується швидкодія системи. Одним із шляхів зменшення часу доступу до даних є розміщення бази даних в оперативній пам'яті. Ця техніка дозволяє отримати вигоду у швидкодії до 100 разів.

Для вирішення цієї проблеми (big data) розроблена спеціальна різновид баз даних NoSQL.

Технологія NoSQL (наприклад, Cassandra) не призначена замінити реляційні бази даних, скоріше вона допомагає вирішити проблеми, коли обсяг даних стає занадто великий. NoSQL часто використовує кластери недорогих стандартних серверів. Це рішення дозволяє знизити вартість на гігабайт в секунду в кілька разів [11].

Щоб вирішити цю проблему, Google і Amazon запропонували два альтернативних рішення: Big Table і Dупано, в яких вони відмовилися від гарантій, що надаються реляційною моделлю даних, зара-

ди більш високої масштабованості. Пізніше ці відкриття формалізувала «теорема CAP» Еріка Брюера. У ньому записано, що для масштабованих систем узгодженість даних, надійність і стійкість до поділу - взаємовиключні властивості, і неможливо побудувати систему, що володіє всіма цими властивостями. Незабаром, спираючись на ранні роботи Google і Amazon, а також накопичені знання в області масштабованих систем, розробники запропонували новий клас систем зберігання даних. Їх назвали системами NoSQL. Спочатку це означало "do not use SQL if you want to scale" (не використовуйте SQL там, де потрібно масштабування), а пізніше розшифровку замінили на "not only SQL" (не тільки SQL), підкреслюючи, що крім SQL-рішень існують і інші [5].

Відомо безліч систем NoSQL, і кожна виключає або змінює ті чи інші аспекти реляційної моделі. Варто зазначити, що жодне з рішень NoSQL не працює у всіх сценаріях. Кожне перевершує реляційні моделі і масштабується для деякої обмеженої області застосування.

Cassandra широко використовується в усьому світі, і її використання зростає з весь час. Такі компанії як Netflix, eBay, Twitter, Reddit, а також Ooyala використовують Cassandra як частину своєї архітектури, і це має вирішальне значення день у день роботи цих організацій.

На сьогоднішній день, невеликий відкритий кластер Cassandra за кількістю машин має 300 ТБ даних на охоплюють 400 машин [6].

Через те що Cassandra має високошвидкісну обробку даних, вона добре працює для безлічі додатків.

Це означає, що вона підходить для обробки проектів у високошвидкісному світі рекламних технологій в режимі реального часу в великих обсягах світу аналітики великих даних і все між ними. [11]

Метою даної статті є аналіз факторів, що впливають на продуктивність кластеру нереляційної бази даних Cassandra.

1. Архітектура кластеру Cassandra

Архітектура кластера Cassandra показана на рис. 1. Відразу видно, що Cassandra - розподілена система. Вона складається з декількох вузлів і розподіляє дані між цими вузлами (або секціонує їх по термінології баз даних).

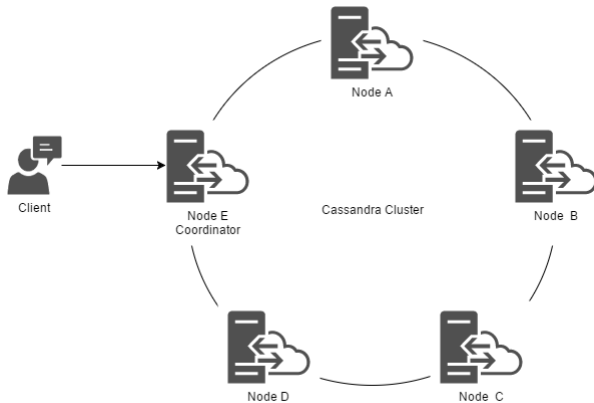


Рис. 1. Архітектура кластеру Cassandra

Для розподілу елементів даних по вузлах Cassandra використовує послідовне хешування. Простіше кажучи, Cassandra використовує хеш-алгоритм для обчислення хеш-значень ключів кожного елемента даних, що зберігається в Cassandra (ім'я стовпця, ID рядки і т.п.). Діапазон хеш-значень або всі можливі хеш-значення (т.зв. простір ключів) розподіляється між вузлами кластера Cassandra. Потім Cassandra призначає кожному елементу даних свій вузол, і цей вузол відповідає за зберігання і управління цим елементом даних. Докладний опис архітектури Cassandra (рис. 2) міститься в документі "Cassandra - A Decentralized Structured Storage System"[5].

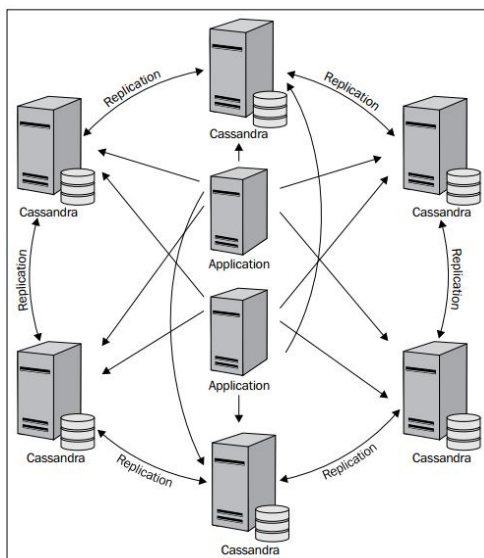


Рис. 2. Архітектура Cassandra

Така архітектура надає наступні можливості:

- Cassandra розподіляє дані між вузлами прозора для користувачів. Будь-який вузол може прий-

мати будь-який запит (читання, запис або видалення), і якщо дані зберігаються не в цьому вузлі, перенаправляє його в потрібний вузол;

- користувачі можуть визначити необхідну кількість реплік, і Cassandra прозора забезпечить створення реплік і управління ними;

- настроюється узгодженість: при зберіганні і зчитуванні даних користувачі можуть вибирати рівень узгодженості по кожній операції. Наприклад, якщо під час запису або читання використовується рівень узгодженості «кворум», то дані записуються і зчитуються більш ніж з половини вузлів кластера. Підтримка настроюється узгодженості дозволяє вибрати рівень узгодженості, найбільш підходящий для даного випадку;

- Cassandra забезпечує дуже швидкий запис, швидшу, ніж читання, зі швидкістю передачі даних порядку 80-360 МБ / с на вузол. Це досягається за допомогою двох підходів:

- Cassandra зберігає більшу частину даних в оперативній пам'яті відповідального вузла, і будь-які оновлення виконуються в пам'яті, а потім записуються в постійну систему зберігання (файлову систему) ледачим методом. Проте, щоб уникнути втрати даних Cassandra реєструє всі транзакції в журналі фіксації транзакцій на диску. На відміну від поновлення елементів даних на диску, записи в журнали фіксації можуть тільки додаватися, що виключає затримку обертання диска;

- якщо не потрібна повна узгодженість записів, Cassandra записує дані в достатню кількість вузлів без дозволу конфліктів невідповідності, які дозволяються тільки при першому зчитуванні. Цей процес називається «ремонт при читанні».

Результуюча архітектура добре масштабується. Можна побудувати кластер Cassandra з десятками або сотнями вузлів, здатний обробляти терабайти або петабайт даних. [10, 11]

2. Продуктивність кластеру Cassandra

Data Storage. Є два набори файлів, в які Cassandra записує в якості частини володіння операціями оновлення: журнал фіксації (commit log) і файл даних. Їх різні цілі необхідно враховувати для того, щоб зрозуміти, як поводитися з ними під час конфігурації.

Commit log можна розглядати як короткострокове зберігання. Як тільки Cassandra отримує оновлення, кожне значення запису записуються безпосередньо в журнал фіксації у вигляді рядка, послідовно дописуючи файл. Якщо припинити роботу бази даних або вона виходить з ладу несподівано, commit log може гарантувати, що дані не втрачаються. Це тому, що в наступний раз, коли запускається вузол, то журнал фіксації відтворюється. Насправді, це

єдиний раз, коли `commit log` читається; клієнти ніколи не читають з нього. Але нормальна операція запису журналу фіксації блоків може зашкодити продуктивності, як вимагають клієнти, які чекають завершення запису.

Datafile Sorted String Tables (SSTables). На відміну від журналу фіксації, дані записуються в цей файл асинхронно. SSTables періодично об'єднуються під час великих стиснень, щоб звільнити місце. Щоб зробити це, Cassandra з'єднує ключі, об'єднує стовпці і видаляти tombstones [1]. Операції читання можуть звернутися в кеш в пам'яті, і в цьому випадку не потрібно йти безпосередньо в data file на диску. Якщо можете дозволити Cassandra кілька гігабайт пам'яті, можна істотно підвищити продуктивність, коли кеш рядків і кеш ключів уражаються. [2]

`Commit log` періодично видаляються, після успішного точного додавання всіх її даних у виділені data file. З цієї причини `commit log` не будуть рости в будь-якому місці разом із розміром data file, так що диски не повинні бути великими. [4]

Concurrency. Cassandra відрізняється від багатьох сховищ даних в тому, що вона пропонує набагато більш високу продуктивність запису, ніж швидкість читання. Є два параметра, пов'язані з тим, як багато потоків може виконувати операції читання і запису: `concurrent_reads` і `concurrent_writes`. Загалом, за замовчуванням, що надаються Кассандри з коробки дуже добре. Але можете оновити `concurrent_reads` відразу налаштування перед запуском сервера. Це тому, що установка `concurrent_reads` є оптимальним при двох потоків на ядро процесора. За замовчуванням цей параметр 8, припускаючи, що чотири-ядерна коробка. Якщо використовується восьми-ядерний – налаштуйте його до 16. [1]

Установка `concurrent_writes` поводить трохи інакше. Це повинна відповідати кількості клієнтів, які будуть писати одночасно на сервер. Якщо Cassandra є підтримка сервера веб-додатків, можете налаштувати цей параметр від значення за замовчуванням 32, щоб відповідати числу ниток сервер додатків доступні для підключення до Кассандру. Зазвичай в серверах додатків Java, таких як WebLogic воліють пули сполук бази даних розміром не більше 20 або 30, але якщо використовуєте кілька серверів додатків в кластері, ви повинні враховувати це.

Caching. Є кілька параметрів, пов'язані з кешуванням, як всередині Cassandra, так і на рівні операційної системи. Кеші можуть використовувати значну пам'ять, і це гарна ідея, щоб налаштувати їх ретельно. Є два основних кешей, вбудованих в Cassandra: кеш-рядки і кеш ключів. Кеш-рядки кешує повні рядки (всі їх стовпців), так що це є надбудовою кешу. Якщо використовуєте кеш рядків для даного сімейства стовпців, вам не потрібно буде використовувати кеш ключів на ньому.

Тому стратегія кешування повинна бути налаштована відповідно кільком факторам:

- використовувати тип кешу, який найкращим чином відповідає запиту;
- співвідношення розміру hearдо розміру кешу, і не можна дозволяти щоб кеш подавив hear;
- розмір рядків та розміром ключів. Зазвичай ключі будуть набагато менше, ніж цілі рядки.

`Keys_cached` це параметр, який вказує на кількість ключових місць - неключових значень - які будуть збережені в пам'яті. Це може бути визначено як дробове значення (число між 0 і 1) або у вигляді цілого числа. Якщо використовуєте частку, вказуєте, відсоток ключів в кеш, і ціле значення вказує на абсолютну кількість ключів, місце розташування яких буде зберігатися в кеші.

Ця установка буде споживати значну пам'ять, але може бути хорошим компромісом, якщо місцеположення не є жарким.

Метою `disk_access_mode` є забезпечення пам'яті `mapped` файлами, так що операційна система може читати кеш, тим самим знижуючи навантаження на внутрішні кеші Cassandra. Це звучить чудово, але на практиці, `disk_access_mode` є одним із менш корисних налаштувань, і в даний момент не працює точно так, як було спочатку передбачено. Це може бути покращено в майбутньому, але це так само, як ймовірно, що установка буде видалена. [3]

Також можете заповнити кеш рядків при запуску сервера. Щоб зробити це, використовуйте елемент `preload_row_cache`. Налаштування за замовчуванням є `false`, але якщо необхідно – встановіть його в `true` для підвищення продуктивності. Вартістю є те, що самонастроювання може зайняти більше часу, якщо є значні дані в `Colum Family` для попереднього завантаження.

`Rows_cached` параметр визначає кількість рядків, які будуть кешувати. За замовчуванням це значення дорівнює 0, що означає, що жодна рядок не буде в кеші, так що це гарна ідея, щоб включити кешування. Якщо використовуємо фракцію, вказуємо, відсоток від усього в кеш, і ціле значення вказує на абсолютне число рядків, місце розташування яких буде зберігатися в кеші. Хочете, щоб ретельно використовувати цей параметр, тим не менш, так як це може легко вийти з-під контролю. Якщо `ColumFamily` отримує набагато більше, ніж читає, пише, то установка цього числа дуже високим буде даремно витратити значні ресурси сервера. Якщо `ColumFamily` має більш низьке відношення читає запис, але має рядки з великою кількістю даних в них (сотнях стовпців), то необхідно зробити деяку математику перед установкою цього числа дуже високо [1].

Durability. Довговічність (*durability*) – це властивість, яка записується, після завершення, зберігається завжди, навіть якщо сервер був убитий або

впав або втратив напругу. Це потребує виклику `fsync` сказати OS випередити його запис кеша на диск [7]. Простий спосіб забезпечити довговічність є `fsync` файлів даних з кожним записом, але це дуже повільно на практиці, тому що диск повинен випадково робити записи даних в місці розташування на фізичних дисках. Замість цього, як і інші сучасні системи, Cassandra забезпечує довговічність шляхом додавання запису в `commit log` першим. Це означає, що тільки `commit log` потрібно `fsync'd`, який, якщо `commit log` своєму власному об'ємі, позбуває необхідності в пошуках з `commit log` тільки додавання.

Конфігурація Cassandra за замовчуванням встановлює режим `commit log_sync` періодичні, змушуючи `commit log` бути синхронізованим кожні `commit log_sync_period_in_ms` мілісекунд, так що потенційно можемо втратити до того, що багато даних, якщо все репліки завершилися аварійно протягом цього часу. Це поведінка за умовчанням є добре продуктивною навіть із `commit log` частками диска з каталогу даних. Також можемо вибрати пакетний режим, де Cassandra гарантуватиме, що вона синхронізується, перш ніж записати. Щоб уникнути синхронізації після кожного запису, групи Cassandra змінюються в партіях і синхронізуються кожні `commit log_batch_window_in_ms`. При використанні цього режиму, рекомендується класти ваші `commit log` на окремо виділений пристрій [8, 9].

Висновки

Різноманітність налаштувань у файлі конфігурації допомагають налаштувати кластер Cassandra для підвищення продуктивності. Є кілька ізольованих налаштувань, які можна оновити в файлі конфігурації Cassandra.

Як правило, важливо відзначити, що просте додавання вузлів в кластер не поліпшить роботу самостійно. Необхідно реплікувати дані належним чином, а потім відправити трафік на всі вузли з

ваших клієнтів. Якщо не поширюєте клієнтські запити, нові вузли мережі можуть просто простояти, коли кілька працюють постійно.

Список літератури

1. Eben Hewitt. *Cassandra: The Definitive Guide*. – USA: O'Reilly Media – 2010, - 330p.
2. Nishant Neeraj. *Mastering Apache Cassandra. Get comfortable with the fastest NoSQL database, its architecture, key programming patterns, infrastructure management, and more!*. – Birmingham.: PACKT publishing, - 2014, - 340p.
3. Russell Bradberry, Eric Lubow. *Practical Cassandra. A Developer's Approach*. – USA.: Addison-Wesley, - 2014, - 198p.
4. Robert Strickland. *Cassandra High Availability. Harness the power of Apache Cassandra to build scalable, fault-tolerant, and readily available applications*. – Birmingham.: PACKT publishing, - 2014, - 186p.
5. *A Quick Introduction to the Cassandra Data Model* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <http://maxgrinev.com/2010/07/09/a-quick-introduction-to-the-cassandra-data-model/>
6. *Cassandra - таблицы с миллиардами столбцов* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <http://www.osp.ru/news/articles/2011/05/13006651/>
7. *Durability* [Електронний ресурс]. Режим доступу – https://docs.datastax.com/en/cassandra/2.1/cassandra/dml/dml_durability_c.html
8. *Durability* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <https://wiki.apache.org/cassandra/Durability>
9. *Durability – Oracle vs Cassandra* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <https://lcmarques.com/2016/03/16/durability-oracle-vs-cassandra/>
10. *Как устроена apache cassandra* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <http://habrahabr.ru/post/155115/>
11. *Погружение в СУБД Apache Cassandra* [Електронний ресурс]. Режим доступу – <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-apache-cassandra/>

Надійшла до редколегії 17.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КЛАСТЕРА НЕРЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ CASSANDRA

Д.Д. Левченко

Главной идеей статьи является анализ факторов, влияющие на производительность кластера Cassandra. В работе была рассмотрена архитектура кластера нереляционной базы данных, проанализированы возможности такой архитектуры. В статье перечислены основные факторы, влияющие на производительность кластера. Особое внимание было уделено таким факторам как кэширование и долговечность.

Ключевые слова: база данных, Cassandra, архитектура, кластер, производительность, `commit log`, операции чтения, операции записи, кэш, кэширование, долговечность, `fsync`.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING PERFORMANCE CLUSTER NON-RELATIONAL DATABASE CASSANDRA

D.D. Levchenko

The main idea of the article is to analyze the factors that the performance of any living thing Cassandra cluster. The work has been viewed architecture cluster non-relational database analyzing possibility of such architecture. The article lists the main factors that affect the performance of the cluster. Particular attention was paid to factors such as caching and durability.

Keywords: database, Cassandra, architecture, cluster performance, `commit log`, read operation, write operation, cache, caching, durability, `fsync`.

УДК 65.011.56

Д.Е. Лисенко

Одеський національний політехнічний університет, Одеса

МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВИБОРУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЛГІСТИЧНОГО ЦИКЛУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Для формалізованого подання задачі оцінювання проекту розвитку організаційно-технічної системи, пропонується модель, що дозволяє систематизувати процедуру аналізу бізнес-процесів з різним ступенем деталізації й на різних етапах логістичного циклу залежно від конкретних особливостей системи. Сформовано ієрархічну модель задачі, її основні характеристики визначені в теоретико-множинному поданні. Формалізовано основні принципи ефективного вибору рішень та оцінки реалізованості програми розвитку організаційно-технічної системи.

Ключові слова: програма розвитку, організаційно-технічна система, бізнес-процеси, логістичний цикл, формалізована модель.

Вступ

Для класу організаційно-технічних систем, до якого належать підприємства, що виробляють науково-технічну продукцію по контрактах, основним елементом інноваційної програми розвитку є план модернізації бізнес-процесів (БП). Мета програми розвитку організаційно-технічної системи (ОТС)- підвищення її конкурентоспроможності [1]. Реалізація цих програм в основному відбувається в сфері виробництва, і успіх її значним чином визначається рівнем бізнес-процесів організаційно-технічної системи.

Таким чином, розробка планів модернізації бізнес-процесів, яка обумовлена необхідністю освоєння нових видів продукції, в основному базується на оцінці реалізованості планів виробництва з обмеженнями на термін виконання.

Мета роботи. При формуванні програми розвитку ОТС необхідно оцінити її реалізованість в аспекті бізнес-процесів на передінвестиційному етапі [2, 3]. Оскільки оновлення продукції, як правило відбувається в рамках існуючої спеціалізації ОТС та на базі попереднього досвіду функціонування, то оцінка реалізованості в основному буде стосуватися тих бізнес-процесів (БП), які становлять інноваційну частину.

В оцінці відповідності рівня бізнес-процесів системи сучасним та конкурентним вимогам беруть участь різні по своїй природі критерії й параметри оцінювання БП.

Основою для оцінки реалізованості планів модернізації ОТС служить бізнес-процес, структурований по окремих операціям. З урахуванням багатозначності логістичного циклу й різноманітності його характеристик, найбільш прийнятним апаратом вирішення може бути системний аналіз, що включає декомпозицію елементів бізнес-процесів, їхніх характеристик і оцінок відповідності необхідному рівню у вигляді ієрархічної структури. Способом формалі-

зації зазначених елементів і їхніх властивостей є теоретико-множинне подання.

Для аналізу параметрів БП системні порівняння його з сучасними прогресивними технологіями необхідно сформувати склад критеріїв оцінки їхньої подібності. Цю задачу вирішують експерти й ЛПР, виходячи з вимог програми розвитку, що визначають особливості логістичного циклу і інноваційних процесів, техніко-технологічного оснащення, обсягів випуску продукції, планових термінів, економічних параметрів і т.д. [4].

Теоретична частина

Для формалізованого подання задачі вибору бізнес-процесів для забезпечення реалізованості програми розвитку пропонується модель, що дозволяє систематизувати аналіз БП із різним ступенем деталізації й на різних рівнях подання логістичного циклу.

Визначимо основні параметри формалізованої моделі для опису процедури оцінки параметрів функціонування ОТС та прийняття рішень з модернізації БП [5, 6]. Загальна задача оцінки і вибору рішень для виконання планів модернізації вирішується для кожної фази логістичного циклу (табл. 1) відповідно до змісту процесів у кожній з них по етапах [7]:

Позначимо загальну задачу вибору рішень з модернізації БП через Z_n .

Для комплексного рішення задачі Z_n пропонується ієрархічна модель декомпозиції бізнес-процесів ОТС з урахуванням логістичного циклу (ЛЦ) і їхніх параметрів [8], у яку також входять і задачі формування маршрутних логістичних зв'язків і організаційної міжрівневої координації (рис. 1). Визначимо елементи формалізованої моделі процесу вибору параметрів і оцінювання БП:

TP – множина рішень для забезпечення модернізації БП,

X – множина вимог з модернізації БП;

Re_t, Se_t – показники реалізованості рішень (від-

Таблиця 1

Основні логістичні процеси ОТС

Фази ЛЦ	Основні процеси
Поста-чання	Вибір постачальників
	Оцінка потреби в матеріалах
	Вибір способів транспортування сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих
	Оцінка системи складування виробничих запасів
Підтрим-ка вироб-ництва	Оцінка оперативно-календарного планування
	Вибір способів внутрішньої логістики
	Оцінка незавершеного виробництва
Розподіл (збут)	Оцінка плану маркетингу
	Прогнозування попиту
	Вибір способів транспортування готової продукції

повідно в кількісній шкалі або в семантичній).

У відповідності зі структурною моделлю визначимо критерії оцінювання БП.

Введемо функцію F ефективності рішень з виконання множини вимог модернізації БП, результатом якої є показники реалізованості рішень, тобто

$$F : X \times TP \rightarrow Re_t$$

функцію припустимого (граничного) рівня реалізованості

$$Q : TP \rightarrow Re^*$$

Тоді задачу Z_n можна представити як задачу вибору таких рішень, які є реалізованими, та визначають БП ОТС $tp \in TP$ як відповідні вимогам:

$$re^* \in Re^* \subset Re, F(re^*, tp) \cup Q(tp) \quad (1)$$

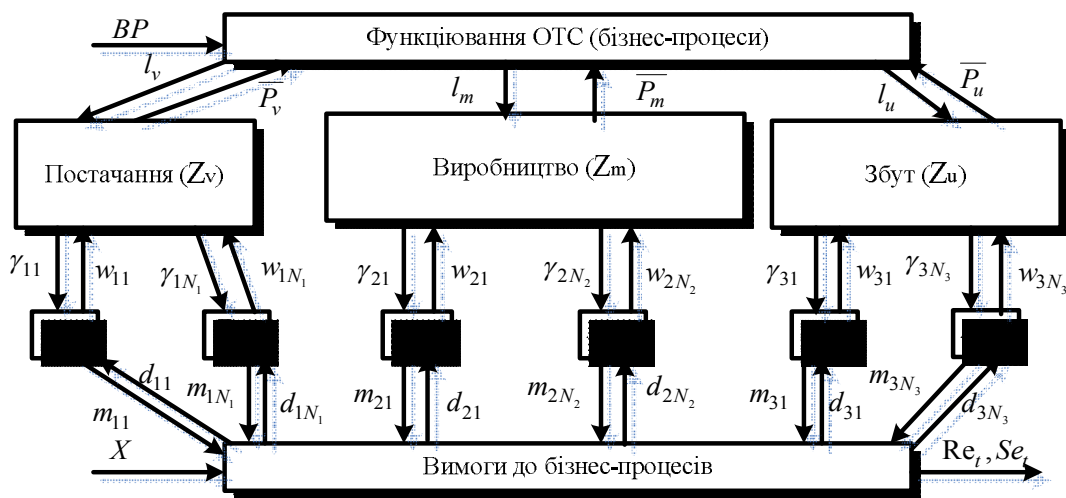


Рис. 1. Ієрархічна структура моделі задачі прийняття рішень з модернізації БП

Таким чином, re^* є вирішенням задачі Z_n , якщо при $F(re^*, tp)$ перебуває у відношенні \cup до граничної величини $Q(tp)$.

Задача Z_n характеризується набором (Re^*, TP, F, Q) . Елемент re^* , що задовольняє (1), є вирішенням задачі Z_n й характеризується предикатом

$$P(re^*, Z_n) \equiv (re^* \in \text{рішення } Z_n). \quad (2)$$

Аналогічно позначимо:

- задачу вибору БП для фази постачання через Z_v ,
- задачу вибору БП для фази підтримки виробництва через Z_m ,
- задачу вибору БП для фази збуту через Z_u .

Будемо характеризувати задачі Z_v, Z_m і Z_u наборами (Re_v^*, TP_v, F_v, Q_v) , (Re_m^*, TP_m, F_m, Q_m) , (Re_u, TP_u, F_u, Q_u) . Можна вважати

$$Re^* = Z_v \times Z_m \times Z_u, TP' = TP_v \times TP_m \times TP_u$$

і розглядати задачу Z_v як звуження задачі Z_n на

множині Re_v , задачу Z_m як звуження задачі Z_n на множині Re_m , задачу Z_u як звуження задачі Z_n на множині Re_u , при цьому

$$re^* = (re_v, re_m, re_u).$$

Окремі (локальні) задачі оцінювання характеристик БП Z_{ij} ($i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$), де N_1, N_2, N_3 - кількість локальних задач відповідно для задач Z_v, Z_m і Z_u , також можуть бути сформульовані у вигляді (1) і охарактеризовані наборами $(Re_{ij}^*, TP_{ij}, F_{ij}, Q_{ij})$. Для них, як і для задач Z_n, Z_v, Z_m і Z_u , має місце умова (2).

Використовуючи введені позначення, формалізуємо основні принципи вибору БП і оцінювання їх реалізованості.

1. Ефективність вибору характеризуються ефективністю процесів функціонування ОТС.

При рішенні задач Z_v, Z_m і Z_u формується вектор S_n , що породжує рішення задачі Z_n , яке зводить до мінімуму витрати на модернізацію БП.

У свою чергу при рішенні задач нижнього рівня, наприклад, задач $Z_{1j}, j=1...N_1$ формується вектор S_v , що породжує рішення задачі Z_v . У формалізованому виді це можна записати так:

$$\exists(Z_{1j}, re_{1j}, j=1...N_1) : P(re_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow P(re_v, Z_v)$$

$$\begin{cases} re_v = \Theta_v(S_v) \\ |S_v = (re_{11}, \dots, re_{1N_1}). \end{cases} \quad (3)$$

Визначення бізнес-процесів як реалізованих відповідає екстремуму цільової функції F_v , що визначена на множині

$$Re_v = \{re_v | P(re_v, z_v)\}$$

рішень задачі Z_v . Замість (3) маємо:

$$\exists(Z_{1j}, x_{1j}, j=1, \overline{N_1}) : P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow$$

$$\exists(S_v^* = (x_{11}^*, \dots, x_{1N_1}^*), x_{1j}^* = \{x_{1j}^*\}, j=1, \overline{N_1}) :$$

$$F_v(\Theta_v(S_v^*)) = \underset{x \in H_v}{\text{extr}} F_v(x_v). \quad (4)$$

Умови, що аналогічні (3) і (4), мають місце в задачах Z_m і Z_u . Модель задачі вибору бізнес-процесів повинна задовольняти принципу ієрархічності, а також принципам координації задач локального пошуку варіантів щодо задач вищого рівня, сумісності й кодифікованості характеристик обраних БП. Представимо формалізовано принцип ієрархічності.

2. Ієрархічність структури.

У термінах теоретико-множинного моделювання множина Θ БП можна представити як відношення на декартовому добутку множин:

$$\Theta \subset R \times M_v \times M_m \times M_u \times D_v \times D_m \times D_u \times$$

$$\times W_v \times W_m \times W_u \times \Gamma_v \times \Gamma_m \times \Gamma_u \times$$

$$L_v \times L_m \times L_u \times \overline{P}_v \times \overline{P}_m \times \overline{P}_u \times$$

$$\times \{Z_{1j} | j \in N_1\} \times \{Z_{2j} | j \in N_2\} \times$$

$$\times \{Z_{3j} | j \in N_3\} \times \{Z_v\} \times \{Z_m\} \times \{Z_u\} \times \{Z_n\} \times$$

$$\times \{\Theta'_{1j} | j \in N_1\} \times \{\Theta'_{2j} | j \in N_2\} \times$$

$$\times \{\Theta'_{3j} | j \in N_3\} \times \{\Theta''_{1j} | j \in N_1\} \times$$

$$\times \{\Theta''_{2j} | j \in N_2\} \times \{\Theta''_{3j} | j \in N_3\} \times$$

$$\times \{\Theta_v\} \times \{\Theta_m\} \times \{\Theta_u\} \times \{CP\} \times \{TP\},$$

де $\{TP\}$ – множина БП, що є реалізованими;

M_v, M_m, M_u – множини параметрів у задачах нижнього рівня (характеристик окремих процесів фаз ЛЦ):

$$M_v = \{M_{1j} | M_{1j} = \{m_{1j}\}, j \in N_1\};$$

$$M_m = \{M_{2j} | M_{2j} = \{m_{2j}\}, j \in N_2\};$$

$$M_u = \{M_{3j} | M_{3j} = \{m_{3j}\}, j \in N_3\};$$

$D_v, D_m, D_u, W_v, W_m, W_u, \overline{P}_v, \overline{P}_m, \overline{P}_u$ – множини результатів рішення локальних задач:

$$D_v = \{D_{1j} | D_{1j} = \{d_{1j}\}, j \in N_1\};$$

$$D_m = \{D_{2j} | D_{2j} = \{d_{2j}\}, j \in N_2\};$$

$$D_u = \{D_{3j} | D_{3j} = \{d_{3j}\}, j \in N_3\};$$

$$W_v = \{W_{1j} | W_{1j} = \{w_{1j}\}, j \in N_1\};$$

$$W_m = \{W_{2j} | W_{2j} = \{w_{2j}\}, j \in N_2\};$$

$$W_u = \{W_{3j} | W_{3j} = \{w_{3j}\}, j \in N_3\};$$

$$\overline{P}_v = \{\overline{P}_v\}; \overline{P}_m = \{\overline{P}_m\}; \overline{P}_u = \{\overline{P}_u\};$$

$\Gamma_v, \Gamma_m, \Gamma_u, L_v, L_m, L_u$ – множини координуючих сигналів для локальних задач нижніх рівнів:

$$\Gamma_v = \{\Gamma_{1j} | \Gamma_{1j} = \{\gamma_{1j}\}, j \in N_1\};$$

$$\Gamma_m = \{\Gamma_{2j} | \Gamma_{2j} = \{\gamma_{2j}\}, j \in N_2\};$$

$$\Gamma_u = \{\Gamma_{3j} | \Gamma_{3j} = \{\gamma_{3j}\}, j \in N_3\};$$

$$L_v = \{L_v\}; L_m = \{L_m\}; L_u = \{L_u\}.$$

Визначимо задачі вибору БП та оцінювання реалізованості на трьох рівнях ієрархії у такий спосіб:

– для задач нижнього рівня

$$Z_{ij} : R \times \Gamma_{ij} \times D_{ij} \rightarrow M_{ij}, i = \{1, 2, 3\},$$

$$j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3;$$

– для задачі оцінки БП на фазі постачання

$$Z_v : R \times L_v \times \{W_{1j} | j \in N_1\} \rightarrow \{M_{1j} | j \in N_1\};$$

– для задачі оцінки рівня процесів для фази виробництва

$$Z_m : R \times L_m \times \{W_{2j} | j \in N_2\} \rightarrow \{M_{2j} | j \in N_2\};$$

– для задачі оцінки БП фази збуту

$$Z_u : R \times L_u \times \{W_{3j} | j \in N_3\} \rightarrow \{M_{3j} | j \in N_3\};$$

– для загальної задачі верхнього рівня

$$Z_n : R \times \overline{P}_v \times \overline{P}_m \times \overline{P}_u \rightarrow L_v \times L_m \times L_u.$$

Визначимо: $\{CP\}$ – множини операторів вибору БП (математичних моделей нижнього рівня, логістичних процесів):

$$CP : R \times M_v \times M_m \times M_u \rightarrow \{TP\}.$$

Для локальних задач вибору це

$$\Theta'_{ij} = \{\theta'_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 -$$

множини операторів формування інформаційних сигналів від процесу вибору БП до нижнього рівня ієрархічної системи для задач Z_{ij} :

$$\Theta'_{ij} : R \times \{M_{1j} | j \in N_1\} \times \{M_{2j} | j \in N_2\} \times \{M_{3j} | j \in N_3\} \rightarrow D_{ij};$$

та

$$\Theta''_{ij} = \{\theta''_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 -$$

множини операторів формування інформаційних сигналів від другого рівня ієрархії відповідно для задач Z_{ij} .

$$\theta_{ij} : \mathbb{R} \times \{\times D_{1j} \mid j \in N_1\} \times \{\times D_{2j} \mid j \in N_2\} \times \{\times D_{3j} \mid j \in N_3\} \times \{\times \Gamma_{1j} \mid j \in N_1\} \times \{\times \Gamma_{2j} \mid j \in N_2\} \times \{\times \Gamma_{3j} \mid j \in N_3\} \rightarrow W_{ij}.$$

Аналогічним образом визначаються множини операторів формування інформаційних сигналів для підсистеми вищого рівня.

3. Координованість рішень.

Задачі вибору нижнього рівня повинні бути скоординовані щодо задач вищого рівня.

Для формалізації цього принципу перевизначимо оператори Z_{ij} , Z_v , Z_m , Z_u у такий спосіб:

$$\forall \gamma_{ij} \in \Gamma_{ij} : Z_{ij}(\gamma_{ij}) : \mathbb{R} \times D_{ij} \rightarrow M_{ij},$$

$$i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3;$$

$$\forall l \in L_v : Z_v(l_v) : \mathbb{R} \times \{\times W_{1j} \mid j \in N_1\} \rightarrow \{\times \Gamma_{1j} \mid j \in N_1\}; \quad (5)$$

$$\forall l \in L_m : Z_m(l_m) : \mathbb{R} \times \{\times W_{2j} \mid j \in N_2\} \rightarrow \{\times \Gamma_{2j} \mid j \in N_2\}.$$

$$\forall l \in L_u : Z_u(l_u) : \mathbb{R} \times \{\times W_{3j} \mid j \in N_3\} \rightarrow \{\times \Gamma_{3j} \mid j \in N_3\}.$$

Таким чином, згідно (5) оператори $Z_{ij}(\gamma_{ij})$, $Z_v(l_v)$, $Z_m(l_m)$, $Z_u(l_u)$ параметрично залежать від координуючих сигналів γ_{ij} , l_v , l_m , l_u , що надходять із вищих рівнів задачі вибору БП.

Координованість щодо вищого рівня вимагає, щоб задачі верхнього рівня й множина задач нижнього рівня мали рішення, тобто:

$$(\forall i \in \{1, 2, 3\} \wedge \forall j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \exists (\gamma_{ij}, m_{ij}) \wedge \exists (l_v, l_m, l_u) :$$

$$[P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_v(l_v)) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_m(l_m)) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_u(l_u)) \wedge P(l_v, l_m, l_u, Z_n)]. \quad (6)$$

4. Сумісність.

Розглянемо особливості задачі вибору БП на різних рівнях. Безпосереднє використання інформації про параметри логістичних процесів (у вигляді структурних, об'єктних і семантичних моделей) мають тільки задачі нижнього рівня.

Задачі вищого рівня можуть впливати на процес вибору рішення тільки через задачі нижнього рівня. Тому досягнення цілей глобальної задачі можливо тільки при координованості задач нижнього рівня щодо глобальної.

Задача вищого рівня, наприклад, Z_m , здійснюючи координацію задачі Z_{2j} , переслідує свої цілі (досягнення максимуму ефективності від реалізації обраного БП). Тому задачі, наприклад, Z_{2j} $j \in N_2$ повинні бути координовані й стосовно задачі Z_m .

Враховуючи перераховані особливості задачі вибору для сумісності цілей розглянутих задач, координація задач нижнього рівня щодо вищого рівня повинна бути пов'язана із глобальною задачею. Тому введемо оператор f_m , який відображає $l = (l_v, l_m, l_u)$ у сигнали, що впливають на логістичні процеси

$$f_m : L_v \times L_m \times L_u \rightarrow M_v \times M_m \times M_u,$$

тобто

$$(m_{ij}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3) = f_m(l_v, l_m, l_u).$$

Будемо вважати відомими зворотні оператори f_m^{-1} , що дозволяють визначити l_v, l_m, l_u по m_{ij} , тобто

$$(l_v, l_m, l_u) f_m^{-1} = (m_{ij}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3).$$

Тоді вимога сумісності задач в ієрархічній системі може бути сформульована у вигляді:

$$(\forall i \in \{1, 2, 3\} \wedge \forall j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \exists (\gamma_{ij}, m_{ij}) \wedge \exists (l_v, l_m, l_u) : [P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(M_v, Z_v) \wedge P(M_m, Z_m) \wedge P(M_u, Z_u)] \Rightarrow (7)$$

$$\Rightarrow [P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(f_m^{-1}(m_{ij}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3), Z_n)].$$

Умова (7) означає, що задачі Z_{ij} нижнього рівня скоректовані щодо глобальної задачі Z_n , тоді, коли вони скоректовані щодо задач Z_v, Z_m, Z_u .

5. Модифікованість.

У випадку, коли в багаторівневій системі відсутній координованість, задачі нижнього рівня необхідно модифікувати так, щоб координованість мала місце. Інакше кажучи, потрібно знайти такі множини координуючих сигналів $\bar{\Gamma}_v, \bar{\Gamma}_m, \bar{\Gamma}_u, \bar{L}_v, \bar{L}_m, \bar{L}_u$ і такі множини задач $\{\bar{Z}_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$,

а також $\{\bar{Z}_v\}, \{\bar{Z}_m\}, \{\bar{Z}_u\}$, при яких виконуються умови (6) і (7). Уведемо предикати

$$P_1 = (\text{умова (6) виконується})$$

$$P_2 = (\text{умова (7) виконується}).$$

Тоді вимога модифікованості прийме вигляд:

$$\exists (\bar{\Gamma}_v \subseteq \Gamma_v, \bar{\Gamma}_m \subseteq \Gamma_m, \bar{\Gamma}_u \subseteq \Gamma_u, \bar{L}_v \subseteq L_v, \bar{L}_m \subseteq L_m, \bar{L}_u \subseteq L_u ;$$

$$\{\bar{Z}_{ij}\} \subseteq \{Z_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 ;$$

$$\{\bar{Z}_v\} \subseteq \{Z_v\}, \{\bar{Z}_m\} \subseteq \{Z_m\}, \{\bar{Z}_u\} \subseteq \{Z_u\} : \quad (8)$$

$$(\forall (\gamma_{1j} \in \bar{\Gamma}_v, \gamma_{2j} \in \bar{\Gamma}_m, \gamma_{3j} \in \bar{\Gamma}_u, l_v \in \bar{L}_v, l_m \in \bar{L}_m, l_u \in \bar{L}_u ;$$

$$Z_{ij} \in \{\bar{Z}_{ij}\}, Z_v \in \{\bar{Z}_v\}, Z_m \in \{\bar{Z}_m\}, Z_u \in \{\bar{Z}_u\}) \rightarrow [P_1 \wedge P_2 \wedge P_3].$$

Умови (6), (7), (8) вимагають, щоб вихідні множини задач $\{\bar{Z}_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$ були досить потужними. Це означає, що вибором підмножин зазначених множин можна домогтися сумісності й координованості задач вибору.

При виборі БП рівень формалізації окремих задач визначається наявністю відомостей: про послідовність операцій БП, їхню тривалість і вартість; правила та прийоми прийняття рішень. Алгоритми рішення взаємозалежних задач вибору повинні забезпечувати визначення рішення з точністю, що відповідає точності вихідної інформації.

Зроблено апробацію запропонованої моделі для реалізації окремих задач системи прийняття рішень на прикладі вибору та оцінювання реалізованості БП з урахуванням інновацій при плануванні модернізації підприємства з виготовлення продукції приладобудування.

Були визначені вимоги до характеристик БП та логістичних процесів у вигляді параметрів запропонованої моделі. У результаті аналізу БП отримані наступні граничні оцінки реалізованості в семантичній і кількісній бальній шкалах: низька (0), середня (25,2), висока (38,2). Підсумкова оцінка рівня БП підприємства виражена коефіцієнтом 0,234 і оцінюється як «нижче середньої».

По проведених дослідженнях можна зробити висновки, що реалізованість робіт з розвитку логістичної системи підприємства недостатньо висока, потрібні істотні зміни по підвищенню рівня БП.

Висновок.

Розробка формалізованої моделі задач вибору та оцінювання БП вирішує питання про склад параметрів і часткових критеріїв якості логістичних процесів, що необхідно для оцінювання реалізованості планів з модернізації БП та програм розвитку організаційно-технічних систем в цілому.

При застосуванні розробленої моделі для прийняття раціональних рішень науково-технічний і економічний ефект може бути отриманий за рахунок:

- прийняття науково обґрунтованих рішень по управлінню ОТС на початкових етапах формування планів модернізації,
- запобігання додаткових витрат на реалізацію свідомо нереалізованих планів з модернізації логістичних процесів (може складати близько 12% від загальної вартості робіт),
- підвищення оперативності підготовки інформації для прийняття рішень,
- удосконалювання аналітичної роботи з інформацією.

Розробка процедур вибору й прийняття рішень на основі запропонованих моделей дозволить під-

вищити якість управління ОТС, знизити тривалість і вартість логістичного циклу.

Список літератури

1. Кудж, С. А. *Администрирование информационных систем [Текст] / С. А. Кудж. – М.: УПП «Репрография» МИИГАиК, 2009. – 72 с*
2. Батьковский, А.М. *Управление инновационным развитием предприятий радиоэлектронной промышленности [Текст] / А.М. Батьковский. – М.: ОнтоПринт, 2010. – 248 с.*
3. Нагорна, Ю. А. *Теоретичні аспекти розвитку підприємств у сучасних умовах [Текст] / Ю.А. Нагорна, Т.М. Янковець // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2015. - №2 (85). – С. 108 – 113.*
4. Кузякова, Т.В. *Совершенствование методов оценки технического уровня производства на машиностроительных предприятиях [Текст] / Т.В. Кузякова // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2009. – С. 71-77.*
5. Хома, І. Б. *Теоретичні аспекти формування структури технологічного оновлення машинобудівних підприємств [Текст] / І. Б. Хома І. Б., Г.І Біла // Економічний проєкт. – 2015. – №. 98. – С. 249-262.*
6. Fernando, E. A. *Development Of Mathematical Model To Select Best Technological Parameters In Sizing [Текст] / E. A. Fernando, T. S. Jayawardana // Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology. – 2015. – Vol. 2. – №. 6. – pp. 1314 – 1322*
7. Попов, А.В. *Декомпозиционный анализ логистических систем [Текст] / Попов А.В., Западня К.О // Авиационно-космична техніка і технологія. – 2003. – №38/3. – С. 157-161.*
8. Елизева, А.В. *Формализованное представление информационных взаимосвязей логистических задач производственного предприятия [Текст] / А.В. Елизева, О.В. Малеева, Э.В. Лысенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – №2 (50). – С.132 – 138.*

Надійшла до редколегії 9.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Є. Федорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д.Э. Лысенко

Для формализованного представления задачи оценивания проекта развития организационно-технической системы, предлагается модель, позволяющая систематизировать процедуру анализа бизнес-процессов с различной степенью детализации и на разных этапах логистического цикла в зависимости от конкретных особенностей системы. Сформулировано иерархическую модель задачи, ее основные характеристики определены в теоретико-множественном представлении. Формализованы основные принципы эффективного выбора решений и оценки реализуемости программы развития организационно-технической системы.

Ключевые слова: программа развития, организационно-техническая система, бизнес-процессы, логистический цикл, формализованная модель.

MODEL OF DECISIONMAKING PROBLEM OF LOGISTIC CYCLE BUSINESS PROCESSES CHOICE OF THE ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEM

D.E. Lysenko

For a formalized presentation of organizational and technical system development project evaluating task, we propose a model that allows us to systematize the procedure for analyzing business processes with varying degrees of detail and at different stages of the logistics cycle, depending on the specific features of the system. The hierarchical model of the problem is formulated, its main characteristics are defined in the set-theoretic representation. The basic principles of an effective choice of decisions and a realizability estimation of organizational-technical system development program are formalized.

Keywords: development program, organizational and technical system, business processes, logistics cycle, formalized model.

УДК 519.72

І.О. Мартінкус, М.В. Ткачук, Р.О. Гамзаєв

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

КОНСТРУЮВАННЯ ЛІНІЙОК ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДОМЕННОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА МЕТРИК ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОДУ

Розглянуто проблему застосування методів предметно-орієнтованого проектування (domain-driven design - DDD) в процесах створення програмного забезпечення (ПЗ), зокрема для побудови лінійок програмних продуктів (ЛПП) і звернено увагу на важливість забезпечення повторного використання коду (ПВК) в таких розробках. Проаналізовано взаємозв'язок показників якості та складності ПЗ, а також їх вплив на ступінь ПВК. Запропоновано нову концептуальну схему конструювання ЛПП із застосуванням методів DDD та метрик складності ПЗ, яка уможливило отримання певного рівня ПВК.

Ключові слова: предметно-орієнтоване проектування, доменна модель, лінійка програмних продуктів, повторне використання, мапа пам'яті, метрики коду.

Вступ

Актуальність проблеми. Використання сучасних методологій розробки програмного забезпечення (ПЗ) має на меті зменшення витрат на реалізацію відповідного проекту з урахуванням функціональних вимог та атрибутів якості до майбутньої програмної системи (ПС). Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення цієї задачі є повторне використання (reuse) різних проектних активів (assets), а саме: доменних знань, специфікацій вимог, архітектурних рішень і, нарешті, програмного коду. Для досягнення цієї мети в сучасній інженерії ПЗ застосовується, зокрема, предметно-орієнтоване проектування (domain-driven design - DDD), в якому центральне місце займає поняття доменної моделі (domain model - DM) як засобу для концептуалізації знань щодо предметної області (ПрО) розробки ПС [1]. В першу чергу, такий підхід є ефективним для розробки нових ПС, але з урахуванням можливостей інструментальних засобів, що підтримують методи DDD, він також може бути застосованим для створення лінійок програмних продуктів (software product lines - SPL) [2]. При цьому під SPL розуміється сукупність компонентів ПЗ, які можуть бути певним чином налаштовані для багаторазового використання при розв'язанні різних задач у відповідній ПрО. У [2, 3] розглядається процес побудови SPL, але при цьому не беруться до уваги деякі важливі чинники, що мають істотний вплив на структуру та якість компонентів майбутньої SPL. Зокрема, одним з таких відомих, але недостатньо досліджених чинників, який має суттєвий позитивний вплив на ефективність процесу побудови SPL, є ступінь повторного використання програмного коду (code reusability extent - CRE) в окремих компонентах SPL.

Слід також зазначити, що при розробці SPL необхідністю враховувати такі суттєві чинники

впливу як різні методи моделювання ПрО, механізми аналізу та відновлення (трасування) вимог до ПЗ та деякі інші [4].

Постановка задачі. Беручи до уваги вище зазначені аспекти сучасних процесів розробки ПЗ, в цій роботі пропонується новий підхід до розробки SPL із застосуванням методів та інструментальних засобів предметно-орієнтованого проектування DDD, побудови доменних моделей DM та оцінки ступеня повторного використання коду CRE у якості критерію ефективності процесу створення відповідної SPL.

Результати досліджень

Дослідження взаємозв'язку між показниками якості, метриками складності ПЗ та ступенем повторного використання програмного коду. Як вже було зазначено вище, саме DDD – підхід до розробки ПЗ передбачає повторне використання різноманітних проектних артефактів, що в кінцевому рахунку має на меті забезпечити достатньо високі показники якості для ПС, що розробляється. Різноманітність видів цих проектних активів та досить складний, а також слабо формалізований характер зв'язків між ними ускладнюють та практично унеможливають їх кількісний аналіз, що є само по собі досить складною та актуальною проблемою програмної інженерії (див., напр. в [5]). Саме тому для структуризації артефактів повторного використання, з можливістю подальшого якісного аналізу певних взаємозв'язків між ними, у цій роботі пропонується застосувати мапи пам'яті (mind map), які на відміну від більш формалізованих нотацій (таких, як UML, IDEF0 та ін.) дозволяють для будь-якої ПрО представити певні концептуальні сутності та їх семантичні зв'язки довільної природи [6]. Така мапа пам'яті для загальної класифікації та аналізу основних чинників впливу на процес повторного використання ПЗ може

бути побудована на підставі узагальнення результатів досліджень в [7, 8], і вона наведена на рис. 1. Так, зокрема, ця мапа містить наступні сутності та їх взаємозв'язки, що якісно описують будь-який процес повторного використання (Reuse), а саме: Область розробки (Development scope) визначає звідки отримані повторно використовувані компоненти (з того самого проекту або з іншого); Підхід (Approach) визначає які саме технічні методи будуть застосовані для реалізації ПВ; Область домену (Domain score) визначає де відбувається ПВ - у рамках одного сімейства програмних систем або між декількома сімействами; Управління (Management) визначає наскільки систематично проводиться процес ПВ; Повторно використана сутність (Reused entity) визначає тип об'єкту, що підлягає ПВ.

Наступним кроком у цьому дослідженні є якісний аналіз взаємозв'язків між здатністю ПЗ до повторного використання (Reusability), такими показниками якості ПЗ як супроводжуваність (Maintainability), адаптивність (Adaptability) та зрозумілість (Understandability), а також показниками його структурної складності. Відповідна мапа пам'яті для їх якісного аналізу представлена на рис. 2. З неї можна зробити однозначний висновок відносно того, що вищезазначені показники якості ПЗ, а таким чином, і його здатність до повторного використання, залежать від рівня структурної складності відповідної ПС. Як відомо, цей показник для ПЗ, що розробляється на основі об'єктно-орієнтованого підходу, визначається за допомогою добре відомих метрик [9], а саме див. рис. 2.

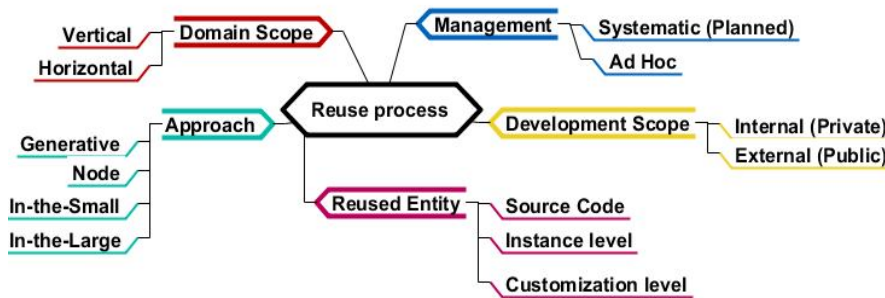


Рис. 1. Артефакти повторного використання

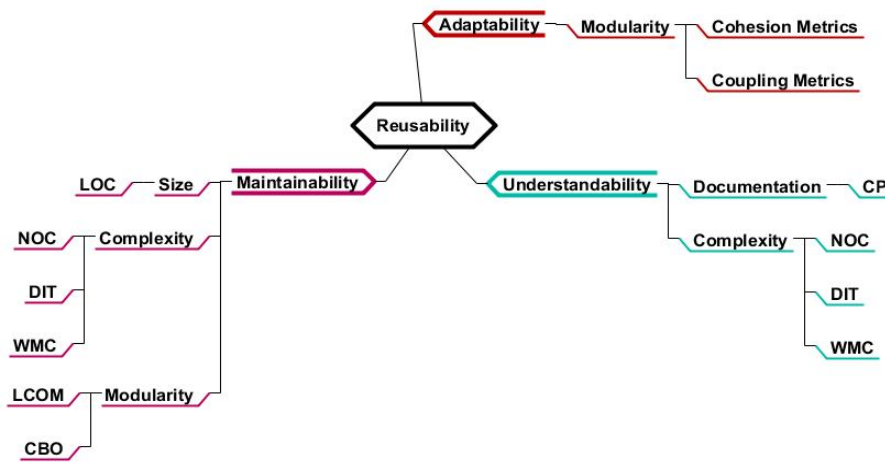


Рис. 2. Атрибути якості, метрики коду та їх вплив на повторне використання ПЗ

Також у [10] визначається кореляція між ступенем повторного використання та такими метриками як DIT, RFC, NOC, CBO та WMC. Розглянемо ці метрики більш детально. Глибина дерева успадкування (Depth of Inheritance Tree - DIT) визначається як найдовший шлях по ієрархії класів до даного класу від батьківського класу.

Відповідь для класу (Responses for a Class - RFC) визначається як кількість різних методів, що можуть бути викликані, коли застосовується об'єкт класу. Кількість нащадків (Number of children - NOC) показує кількість безпосередніх нащадків класу. Зчеплення між об'єктами (Coupling between Object Classes -

CBO) показує взаємодію об'єктів класу та визначає кількість сторонніх класів, з якими зв'язаний даний клас крім успадкованих класів. Зважена насиченість класу (Weighted Methods per Class) - метрика визначається сумою складності всіх методів класу, де кожен метод оцінюється підрахунком його цикломатичного числа. При цьому слід окремо зазначити [11], що при розробці ПЗ із застосуванням підходу на основі DDD, на теперішній час ще недостатньо проаналізовано вплив окремих методів доменного моделювання на складність відповідного програмного коду, який генерується на основі відповідної доменної моделі (DM). Тому є досить важливим завданням визначити

цю кореляцію, щоб зменшити витрати на реалізацію DDD -орієнтованих програмних проєктів, і зокрема, на створення SPL.

Таким чином, на основі проведеного аналізу взаємозв'язку між показниками якості, метриками складності ПЗ та ступенем повторного використання програмного коду можливо запропонувати підхід до розробки SPL, який буде використовувати методи за інструментальні засоби підтримки доменного моделювання та в якості критерію ефективності враховувати ступінь повторного використання програмного коду CRE.

Концептуальна схема розробки лінійок програмних продуктів із використанням методів доменного моделювання. Запропонована схема підходу наведена на рис. 3, яка представляє процес конструювання SPL як систему управління із зворотним зв'язком. Основні її функціональні блоки взаємодіють у наступний спосіб:

– первинний опис певної ПрО тобто бізнес-вимоги користувачів (User stories) до функціональності майбутньої ПС слугує інформаційним бази-

сом для побудови доменної моделі (DM) на концептуальному рівні;

– методи доменного моделювання (domain modeling method – DMM), напр.: FODA, JODA, ODM [12], та CASE-засоби їх інструментальної підтримки (domain modeling tool - DMT) [2], такі як FeatureIDE, Actifsource, та ін., за допомогою яких відбувається програмна реалізація доменної моделі (domain model realization – DMR),

– каркас програмного коду (code framework - CF), що може бути отриманий шляхом його генерації на основі DMR, і який потім, після певних доробок (напр., із застосуванням відповідних патернів кодування), може бути використано для побудови компонентів цільової лінійки програмних продуктів SPL;

– метрики оцінки рівня повторного використання коду (code reusability metrics – CRM), які дозволяють аналізувати отриманий CF, та в кінцевому рахунку робити мотивний висновок щодо можливості його ефективного застосування для створення потрібної SPL.

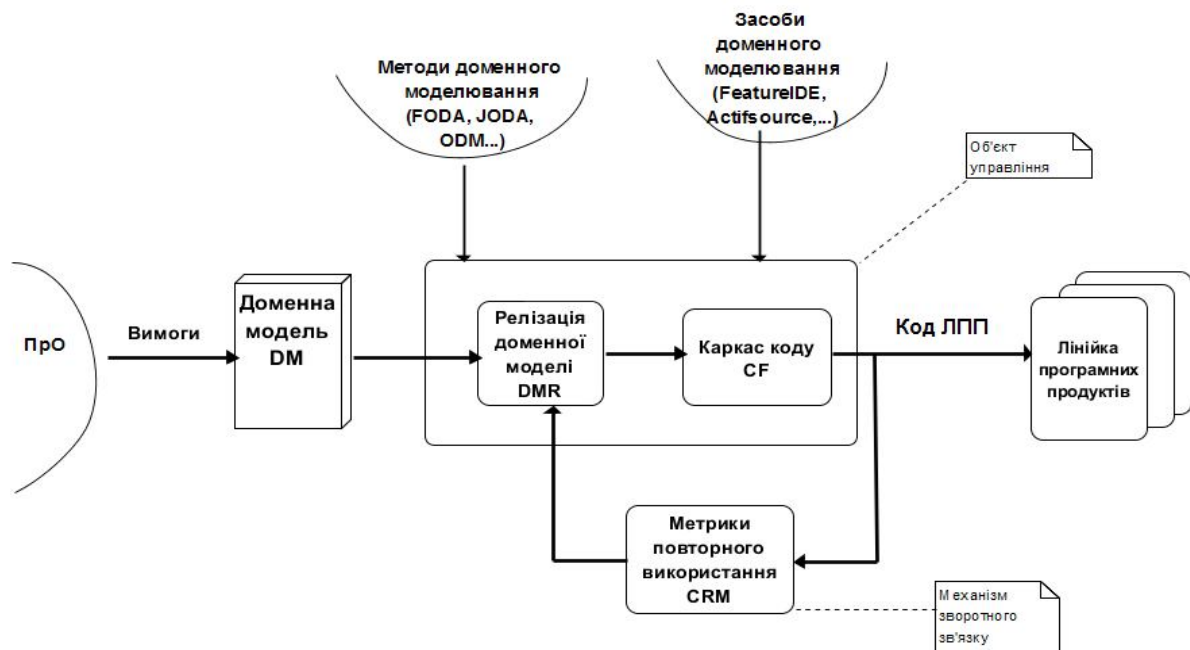


Рис. 3. Концептуальна схема розробки лінійок програмних продуктів із використанням методів доменного моделювання

Таким чином, схема на рис. 3 реалізує керований процес побудови SPL, в якому у якості вхідних даних використовуються первинний опис ПрО та побудована на його основі доменна модель DM, вихідним результатом є програмний код для побудови SPL, а зворотний зв'язок імплементують метрики оцінки CRM, застосування яких забезпечує можливість отримання потрібного ПВК. Слід зазначити, що концептуальна схема на рис. 3 не виключає можливості застосування інших метрик якості програмного коду - не тільки CRM, - для аналізу ефективності різних варіантів побудови SPL, і в цьому сенсі вона

може розглядатися як удосконалення вже існуючих підходів до вирішення загальної проблеми варіабельності (variability) при розробці SPL.

Розробка показника ступеня повторного використання коду на основі метрик структурної складності. Аналіз сучасних публікацій, присвячених дослідженню проблеми підвищення ступеня CR при розробці ПС показує, що досить складно знайти зв'язок між певним рівнем CR та різними факторами впливу в розробці ПЗ. Так, зокрема, в [10] представлені результати емпіричного дослідження рівня CR в ПС з відкритим кодом і наведено набір метрик

щодо його оцінки. В роботах [8, 13] розглядаються різні підходи щодо оцінки CR. Ряд із них розглядають CR як відношення повторно використаних компонентів (коду) до загального обсягу компонентів (коду) та їх модифікацій (наприклад Reuse Percentage, Reuse level, Reuse size та ін). Але їх недолік полягає у тому, що вони можуть бути застосовані лише етапі супроводу (коли вже певні артефакти були повторно використані), і не має можливості застосувати їх на етапі проектування. Низка інших авторів [14, 15] розглядає оцінку CR із застосуванням ООП-метрики (та їх модифікацій). Особливо впливовими для оцінки ступеня CR визнаються метрики таких груп як зв'язність, зчеплення та глибина дерева успадкування. В даному дослідженні для визначення рівня повторного використання застосовано саме ООП-метрики. Їх основна перевага полягає у тому, що їх можливо застосовувати на ранній стадії проектування ЛПП.

У роботі [11] запропоновано підхід для оцінки рівня CR у ПС, код якої отримано з використанням методів та засобів доменного моделювання. Запропонований підхід має три основні фази, а саме: 1) створення DM на основі опису ПрО у вигляді бізнес-вимог користувачів ПЗ (user story) та генерація відповідного програмного коду; 2) оцінка складності отриманого коду на основі вищезазначених ООП-метрики; 3) визначення експертної оцінки ступеня CR із застосуванням методу аналізу ієрархій (MAI). Як вже було зазначено, в роботі [10] розглядається кореляція між ООП-метриками та рівнем CR, а також неведені статистичні данні щодо цієї кореляції, отримані на основі роботи із проектами різного обсягу. На їх основі було визначено значення щодо ступеня впливу кожної метрики на рівень CR. В результаті було отримано наступний аналітичний вираз для визначення інтегрованого показника ступеня повторного використання коду CR_{extent} :

$$CR_{extent} = 0,12 * WMC + 0,04 * RFC + 0,27 * DIT + 0,36 * NOC + 0,21 * CBO, \quad (1)$$

де WMC, RFC, DIT, NOC, CBO є значеннями відповідних ООП-метрики складності для ПС, що розробляється. Таким чином, стає можливим вже на етапі проектування нової ПС порівнювати будь-які методи DM з точки зору їх впливу на ступінь CR у вихідному програмному кодї цієї системи.

Вагові коефіцієнти у виразі (1) були отримані із застосуванням методу MAI, але слід зазначити, що для цього також можуть бути застосовані інші експертні підходи до розв'язання подібних багатокритеріальних задач, досить детальний огляд яких наведено, наприклад, в роботі [16].

З метою експериментального дослідження працездатності запропонованого підходу було розглянуто ПрО «Обробка персональної інформації учнів в системі автоматизації навчального закладу» та роз-

роблено відповідну DM у двох реалізаціях: методами JODA та ODM (більш детально цей приклад розглянуто у [11]). На основі цих моделей та із використанням інструментальних засобів EMF та Actifsource було згенеровано програмний код та розраховані відповідні ООП-метрики (рис. 3 та 4):

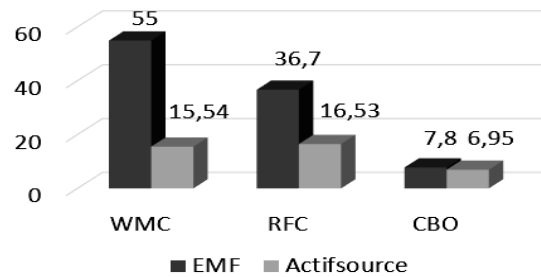


Рис. 3. Порівняння результатів для метрик WMC, RFC та CBO

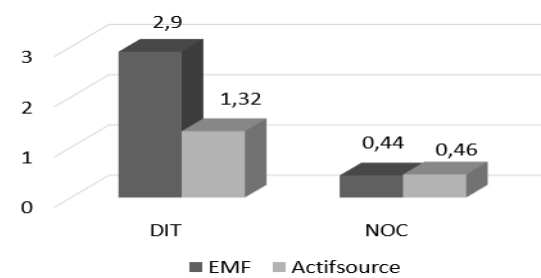


Рис. 4. Порівняння результатів для метрик DIT та NOC

Тоді на підставі виразу (1) були отримані наступні значення параметру CR_{extent} для кожної із реалізацій, а саме:

$$CR_{extent}(EMF) = 10,58; \quad CR_{extent}(Actifsource) = 4,45.$$

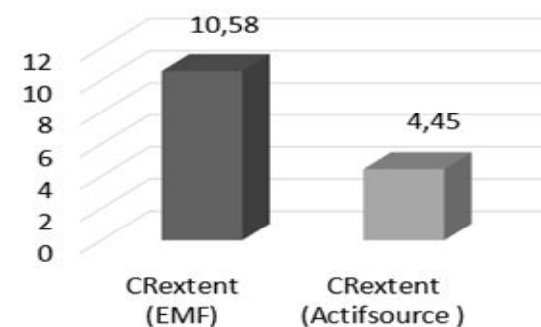


Рис. 5. Результати розрахунку параметру CR_{extent}

За отриманими результатами можна зробити висновок, що реалізація DM із ODM / EMF забезпечує більш високий рівень повторного використання у порівнянні із JODA / Actifsource реалізацією.

Слід зазначити, що для остаточного висновку щодо ефективності застосування того чи іншого методу доменного моделювання DMM з метою підвищення рівня повторного використання CR_{extent} необхідно також оцінити витрати, які пов'язані з побудовою відповідних доменних моделей DM у процесі розробки ЛПП.

Висновки

В роботі запропоновано новий підхід до розробки лінійок програмних продуктів (ЛПП) із застосуванням методів та інструментальних засобів предметно-орієнтованого проектування, побудови доменних моделей та кількісних метрик оцінки ступеня повторного використання коду у якості критерію ефективності процесу створення відповідної. Перевагами цього підходу є можливість аналітичного визначення інтегрованого показника ступеню повторного використання вихідного коду для більш ефективної генерації окремих програмних компонентів ЛПП.

В подальшому заплановано розвинути цей підхід шляхом порівняння результатів застосування інших методів розв'язання багатокритеріальних задач для визначення інтегрованого показника повторного використання вихідного коду, а також розробки кількісного критерію для оцінки ефективності застосування методів доменного моделювання.

Список літератури

1. Ткачук М.В., Гамзаєв Р.О., Мартінкус І.О. Підхід до розробки лінійок програмних продуктів на основі успадкованих програмних систем із використанням методів доменного моделювання // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: матер. міжн. наук. конф., м. Київ, 5-9 грудня 2016р. / редкол. М.С. Нікітченко та ін.. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2016. - С. 236-241.
2. Reinhartz-Berger I. *Domain Engineering: Product Lines, Languages, and Conceptual Models*. Heidelberg, Springer, 2013.
3. Bosch J., *Introducing agile customer-centered development in a legacy software product line* / J. Bosch, P. M. Bosch-Sijtsema // *Software: Practice and Experience*, pp. 871-882, 2011.
4. Tkachuk M.V., Gamzayev R.O., Mayr H.C., Bolshutkin V.O.: *Models and Tools for Effectiveness Increasing of Requirements Traceability in Agile Software Development* // *Проблеми програмування (Problems in Programming)*. – К.: НАН України. - 2012. - No 2-3 (спец. випуск). – с.160-167.

5. Sommerville, I.: *Software Engineering*. Addison Wesley, 2011.
6. Guerrero JM, Ramos P. *Mind Mapping for Reading and Understanding Scientific Literature*. *International Journal of Current Advanced Research* 4(11), pp 485-487, 2015.
7. Frakes W., Tech V., Terrys C.: *Software Reuse: Metrics and Models*. INCODE Corporation. 1995.
8. Dubey A., Kaur H.: *Reusability Types and Reuse Metrics: A Survey*. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 131 – No.2, December 2015.
9. Paliwal N., Shrivastava V., Tiwari K.: *An Approach to Find Reusability of Software Using Object Oriented Metrics* // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 3, Issue 3, March 2014.
10. Nandakumar A.N.: *Constructing Relationship between Software Metrics and Code Reusability in Object Oriented Design*, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 7, No. 2, 2016.
11. Tkachuk, M., Martinkus, I., Gamzayev, R., Tkachuk A.: *An Integrated Approach to Evaluation of Domain Modeling Methods and Tools for Improvement of Code Reusability in Software Development* // Heinrich C. Mayr, Martin Pinzger (Eds.): *INFORMATIK 2016, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Vol. P-259: Kollen Druck+Verlag GmbH, Bonn, 2016. – pp. 143-156.
12. Ferré, X.: *An Evaluation of Domain Analysis Methods*, In 4th CAiSE/IFIP8.1 International Workshop in Evaluation of Modeling Methods in Systems Analysis and Design, P.1-13, 1999.
13. Suri P. K., Garg N: *Software Reuse Metrics: Measuring Component Independence and its applicability in Software Reuse*. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.9 No.5, May 2009.
14. Parul G., Kumar B.P.: *Reusability Metrics for Object-Oriented System: An Alternative Approach* *International Journal of Software Engineering (IJSE)*, Malaysia, 1, 4, 62--73. 2010.
15. Gui Gui, Paul. D. Scott: *Measuring Software Component Reusability by Coupling and Cohesion Metrics*. *Journal of Computers*, vol. 4, no. 9, September 2009.
16. Лаврищева Е.М., Слабостицкая О.А. Подход к экспертному оцениванию в программной инженерии // *Кибернетика и системный анализ*. – 2009. – № 4. – С. 151–168.

Надійшла до редколегії 2.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Шматков, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИНЕЕК ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОМЕННМОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТРИК ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАТЬИЯ КОДА

И.О. Мартинкус, Н.В. Ткачук, Р.А. Гамзаев

Рассмотрена проблема применения методов предметно-ориентированного проектирования (domain-driven design - DDD) в процессах создания программного обеспечения (ПО), в частности для построения линеек программных продуктов (ЛПП) и обращено внимание на важность обеспечения повторного использования кода (ПИК) в таких разработках. Проанализирована взаимосвязь показателей качества и сложности ПО, а также их влияние на степень ПИК. Предложена новая концептуальная схема конструирования ЛПП с применением методов DDD и метрик сложности ПО, которая делает возможным получение определенного уровня ПИК.

Ключевые слова: предметно-ориентированное проектирование, доменная модель, линейка программных продуктов, повторное использование, карта памяти, метрики кода.

SOFTWARE PRODUCT LINE CONSTRUCTION WITH DOMAIN MODELING AND SOFTWARE REUSE METRICS APPLICATION

I.O. Martinkus, M.V. Tkachuk, R.A. Gamzayev

The problem of domain-driven design (DDD) methods' usage in software development is considered, especially for building for software product lines (SPL), and the attention is paid to an importance to provide the code reuse (CR) in such processes. The relationship between quality attributes and software complexity, and their impact on the level of CR is analyzed. The new conceptual scheme for SPL-design using DDD methods and software complexity metrics is proposed, which enables to obtain a certain CR-extent level.

Keywords: domain driven design, domain model, software product line, reusing, mind map, code metrics.

УДК 004.6

С.В. Минухин

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ЗАДАНИЙ В ДВУХУРОВНЕВОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУБД POSTGRESQL

Рассмотрена информационная технология обработки и планирования заданий в двухуровневой распределенной системе. Для получения информации о состоянии ресурсов, заданий и очередей заданий предложена двухуровневая архитектура обработки информации. Технология обработки информации базируется на двухуровневой архитектуре – GParGRES и кластерной СУБД PostgreSQL, обеспечивающих оперативность обработки данных за счет параллельного выполнения запросов к БД, а также использования компонент систем мониторинга распределенных вычислительных сред.

Ключевые слова: *распределенная вычислительная система, вычислительный кластер, база данных, кластерная СУБД, информационная технология, система мониторинга.*

Введение

Одним из подходов и методов разработки информационных технологий обработки заданий в распределенных вычислительных системах (РВС) является двухуровневая архитектура ParGRES [1], позволяющая:

- обеспечить параллельный доступ к данным БД о состоянии ресурсов, заданий, очередях на ресурсы и загрузке БД [2];

- использовать СУБД, поддерживающую технологию параллельного доступа к БД;

- разрабатывать БД состояния ресурсов, заданий, очередей заданий на ресурсы;

- использовать программное обеспечение (ПО), обеспечивающее удаленное получение информации о состоянии локальных ресурсов и заданий, выполняемых на узлах вычислительных кластеров грид-сегментов;

- использовать стандартные коммуникационные протоколы TCP/IP, SNMP, GridFTP;

- использовать программное обеспечение медиатора (посредника), обеспечивающего взаимодействие между поставщиками и потребителями информации [3–5].

В данном исследовании в качестве модели обработки и планирования заданий в РВС использована модель, исследованная в [3], в которой поставщиками информации являются ресурсы и задания, потребителями – менеджер виртуальной организации (системный администратор локального ресурса – вычислительного кластера)РВС. В роли последних также могут выступать пользователи, входящие в состав виртуальной организации (ВО), представляющие свои задания на обработку в распределенную систему. В качестве базиса архитектуры для реализации информационной технологии получения

и обработки данных о состоянии ресурсов и заданий предлагается использовать ParGRES [1], являющуюся кластером БД промежуточного слоя архитектуры грид-сегмента, использующая при обработке запросов внутри- и межзапросный параллелизм и обеспечивающая работу с репликациями. Параллелизм достигается за счет полной репликации БД и адаптивной виртуальной фрагментации (Adaptive Virtual Partitioning, AVP). ParGRES позволяет гибко распределять узлы для обработки запросов: любые запросы могут быть обработаны любым набором узлов кластера. При этом система AVP обеспечивает динамическое распределение нагрузки между узлами кластера во время обработки запроса. Как и в большинстве кластерных БД, ParGRES управляет параллельным выполнением запросов на основе экземпляров СУБД, установленных на узлах кластера БД [6, 7].

В ParGRES используются глобальные и локальные компоненты, формирующие двухуровневую организацию [1, 2] реализации модели обработки заданий [3]:

- глобальные компоненты – посредник и обработчик запросов кластера (Cluster Query Processor, CQP), выполняющие задания на нескольких узлах кластера;

- локальные компоненты – обработчик запросов узла (Node Query Processor, NQP) и СУБД (Database Management System, DBMS), выполняющие задания на узле.

Поскольку большинство из кластеров используют один доступный для внешних приложений управляющий узел, компонента «посредник», как правило, размещается на этом же узле и тем самым определяет централизованную архитектуру управления вычислениями и предоставляет возможность физического распределения обработки запросов на

кластере для каждого запроса, таким образом, повышая общую доступность ресурсов распределенной вычислительной среды.

Целью данной работы является разработка информационной технологии для модели обработки и планирования заданий в двухуровневой вычислительной системе [3] с использованием архитектуры ParGRES– GParGRES на уровне грид-сегмента и кластерной СУБД PostgreSQL на уровне узла.

Модель обработки заданий

Согласно двухуровневой модели обработки и планирования заданий на уровне грид-сегмента и ресурса PBC [3, 4], из заданий входной очереди формируется пул, организованный в виде пакета заданий, ранжированных по приоритету (например, директивному сроку), являющийся временным хранилищем заданий для их последующего планирования на доступные и свободные кластеры PBC. Управляемыми параметрами данной схемы обработки и планирования заданий являются: величина пула, интенсивность входного потока реальной системы, количество доступных и свободных на момент планирования ресурсов системы. При этом задания из пула выгружаются на выполнение через

интервалы времени, определяемые *периодом планирования*, определяемого на основе величины пула, то есть от количества заданий пакета, количества доступных и свободных на момент планирования вычислительных ресурсов (кластеров) PBC и назначаются на них на основе решения задачи о наименьшем покрытии [3].

Технология обработки заданий в двухуровневой распределенной системе

В информационной технологии для реализации расстраиваемой модели обработки и планирования заданий [3] предлагается использовать два уровня – уровень грид-сегмента (GParGRES) и уровень узла (на базе СУБД PostgreSQL) [8] (рис. 1). Такой выбор обусловлен архитектурными требованиями, предъявляемыми к грид-системам.

Сервисное программное обеспечение грид-системы и ее администратор (менеджер виртуальной организации) обеспечивают возможность работы с абстракцией уровня стандартной реляционной БД, в качестве которой используется PostgreSQL. На этом уровне можно создавать запросы к БД, используя стандартную технологию SQL-запросов.

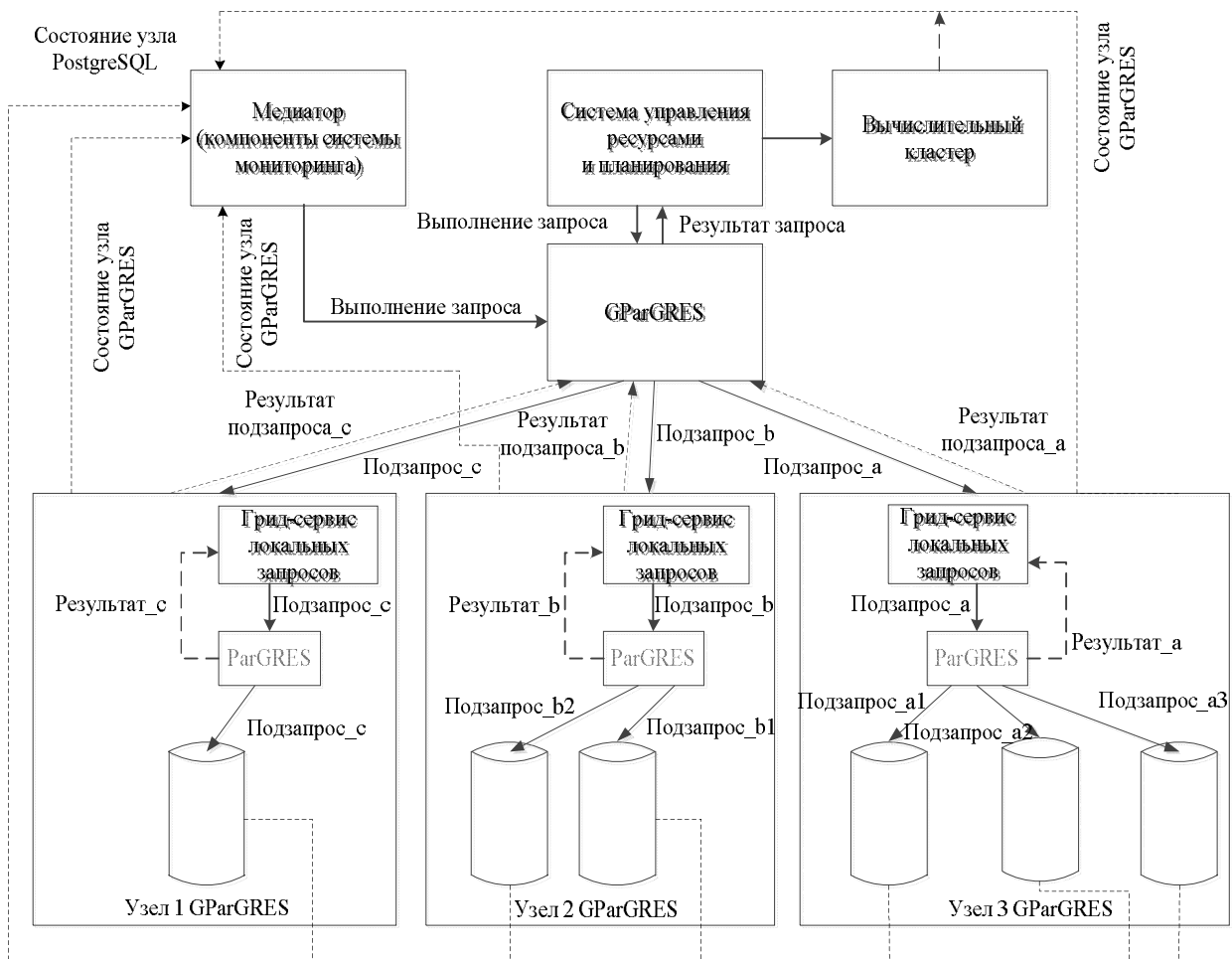


Рис. 1. Технология обработки заданий в двухуровневой распределенной системе

Функциональность предлагаемого решения обеспечивается следующими службами [7]:

службой реестра (Registry Service, RS), которая включает информацию о GParGRES, например, о состоянии каждого фабричного сервиса и экземпляра службы распределенных запросов;

службой «Фабрика» (Fabric Service, FS), предназначенной для создания новых экземпляров службы распределенных запросов

Когда клиентское приложение представляет запросы GParGRES, оно задает сервис, чтобы создать новый экземпляр службы распределенных запросов (DQS). Каждый новый экземпляр получает уникальный идентификатор службы, которая ассоциирует ее с соответствующей фабрикой. Этот идентификатор не используется повторно для новых случаев даже тогда, когда служба завершается;

службой распределенных запросов (Distributed QueryService, DQS) – службой, непосредственно взаимодействующей с приложением клиента. Служба распределенных запросов получает запросы и декомпозирует их на подзапросы для реализации внутрizaпросного параллелизма с помощью подхода, реализованного в ParGRES. Он использует репликацию БД для выполнения виртуальной разметки. Такое разделение создает адаптивные виртуальные области, которые должны быть обработаны параллельно, аналогично обработчику запросов кластера в ParGRES. Эта служба выполняет также окончательную композицию;

службой локального запроса грид (GridLocal Query Service, GLQS) – локальной компонентой, предназначенной для приема подзапросов от службы распределенных запросов и передачи их локальным ParGRES. Эта служба контролирует выполнение подзапроса на ParGRES в соответствии со следующими сценариями: для перераспределения запроса в случае, если узел занят, или для перенаправления подзапроса на другой узел.

Выбор БД нижнего уровня (узла) обусловлен требованиями надежности, отказоустойчивости и удобства сопровождения при решении задач планирования заданий в грид-сегменте.

Технологичность данного решения достигается за счет использования СУБД и программного обеспечения промежуточного слоя архитектуры грид-сегмента, что обеспечивается стандартными драйверами, сетевыми интерфейсами и протоколами передачи данных [3 – 5].

Для реализации информационной технологии обработки и планирования заданий в РВС рассмотрим технологию обработки запроса, включающую следующие этапы прохождения запроса (множества запросов) к БД состояния ресурсов и заданий, которые формируются администратором локального ресурса (кластера) РВС для планирования заданий.

Этап 1. Запрос передается на программную платформу промежуточного уровня GParGRES. На этом этапе запрос анализируется системой и, в зависимости от его структуры и (или) сложности, GParGRES может выполнить запрос на создание временной таблицы для агрегирования результатов, а также «принять решение» о постановке запроса на определенный(е) узел(ы) ParGRES. Следует отметить, что ParGRES работает не на уровне грид-сегмента, а фактически координирует работу узлов БД нижнего уровня системы. В рассматриваемой системе – это узлы с установленными на них экземплярами СУБД PostgreSQL.

Этап 2. Система ParGRES анализируетхождение запроса для принятия решения о его выполнении на множестве узлов или конкретном узле кластера БД.

Этап 3. Выполнение запроса осуществляется на конкретном узле (или узлах) PostgreSQL, результаты возвращаются в систему: сначала – в систему ParGRES, а затем – агрегированные промежуточные результаты – в систему GParGRES, после чего отправляются администратору системы.

Таким образом, рассмотренная архитектура решений для создания и обработки запросов в грид-сегменте РВС с использованием технологий их параллельной обработки позволяет:

оперативно обновлять программное обеспечение до актуальной версии без привязки одного слоя промежуточного ПО РВС к другому;

выполнять модификацию ПО любого уровня независимо от привязки к его определенной реализации, например, БД или решений на уровне кластера, посредством использования открытой архитектуры применяемых программных продуктов;

обеспечивать на уровне администратора системы создание запроса (запросов) на любом уровне промежуточного ПО и доступ к данным на каждом узле PostgreSQL.

Предлагаемые технологии обработки информации в двухуровневой РВС используются для решения следующих задач:

на уровне локального ресурса (узла) – определения состояния сетевых интерфейсов, оценки загрузки узлов вычислительного кластера, состояния выполняемых заданий, мониторинга состояния запущенных на узлах кластера различных сервисов на основе использования удаленных программных агентов, а также контроля над загрузкой оперативной памяти, дисковых систем, БД и т. п.;

на уровне грид-сегмента – обеспечения контроля над потоками (загрузками) заданий на локальные ресурсы (кластеры, узлы кластеров), статуса выполняемых заданий, временем выполнения заданий.

Выбор системы мониторинга, для реализации которой предлагается использовать медиатор [4, 5] в модели обработки заданий, обосновывается наличием у нее следующих составляющих:

удаленным запуском скриптов – программных агентов;

поддержкой работы с БД PostgreSQL;
механизмом анализа событий.

Одной из распространенных систем мониторинга грид-систем, компоненты которой предлагается использовать для реализации информационной технологии модели обработки и планирования заданий, является система Ganglia [9, 10], использующая для хранения данных технологию базы данных на базе циклической системы (Round Robin). Такой подход позволяет, используя фиксированный размер хранилища, выполнять обработку множества данных о параметрах, регистрируемых для обеспечения контроля над различными объектами РВС.

Технология Ganglia позволяет решать задачи мониторинга на нижнем (кластерном) уровне грид-сегмента. Однако для решения задач мониторинга на уровне грид-сегмента требуется не только осуществлять контроль над ресурсами, но и формировать потоки сообщений о происходящих на этих ресурсах событиях – о постановке заданий на выполнение, их выполнение и анализ полученных результатов выполнения заданий.

В качестве удовлетворяющего существующим требованиям состава компонент для функционирования медиатора грид-сегмента [4, 5] предлагается использовать открытый пакет Nagios (проект Icinga) [11]. Система Nagios позволяет не только отслеживать параметры состояния узлов и сетевого оборудования РВС, но и формировать сообщения о ситуациях, возникающих при этом в системе.

Технологически медиатор может получать данные о состоянии сетевых узлов и коммуникационного оборудования по протоколу SNMP. Для отслеживания состояния служб, например, базы данных PostgreSQL, на узле должен быть установлен программный агент, который по журналам работы службы будет формировать и передавать данные о результатах работы системы. При этом возможен сценарий, когда для получения данных о состоянии узлов и выполняемых на них заданиях медиатор удаленно запускает скрипт на узле – программу (программное расширение), результатом выполнения которой является информация, получаемая из лог-файлов локальных планировщиков и ЛСУР [4, 5].

Универсальность предлагаемого решения на основе использования системы мониторинга Nagios для контроля над состоянием объектов уровня грид-сегмента обеспечивается расширением этого продукта средствами пакета NDOUtils [12]. Это

расширение позволяет узлу передавать данные о выполняемых заданиях во внешнюю базу данных (например, MySQL для Nagios). Аналогичное решение DB IDO (Database Icinga Data Output) в качестве модуля системы Icinga позволяет экспортировать конфигурацию и свое состояние в PostgreSQL в двухуровневой архитектуре грид-сегмента. Затем внешнее программное обеспечение, например, планировщик грид-сегмента, может обратиться к этой БД и получить текущую информацию о системе, например, о состоянии ее ресурсов, выполняемых заданиях, загрузке БД и т. д.

На уровне вычислительного узла грид-сегмента РВС использование компонент Icinga позволяет выполнять проверки состояния на основе стандартного протокола SNMP. Для мониторинга состояния узла на основе информации, например, получаемой от ЛСУР Torque при анализе данных файла журнала (лог-файла), можно использовать существующий модуль или же разработанный скрипт [4, 5].

Для удаленного запуска скриптов системой Icinga/Nagios на сервере медиатора устанавливается программное расширение Nagios Remote Plugin Executor (NRPE), а на удаленном узле – клиентская часть системы (программный агент), поддерживающая NRPE. Использование компонент системы Icinga позволяет выполнять проверки состояния узлов – как по протоколу SNMP, так и по стеку протоколов TCP/IP. Кроме этого, система позволяет разработать новый плагин, например, плагин для взаимодействия с СПО PBS Torque. Для работы с плагином системный администратор должен установить следующие пороговые значения параметров:

«OK» (код возврата 0) – сервис работает нормально;

«WARNING» (код возврата 1) – сигнал предупреждения о проблеме (событие 1);

«CRITICAL» (код возврата 2) – критическое состояние сервиса (событие 2);

«UNKNOWN» (код возврата 3) – неизвестное состояние сервиса (событие 3).

В результате проверки плагин будет генерировать состояния системы, формируя для проведения контроля множество событий, которые являются результатом работы плагинов [4, 5, 10, 11]: Схема алгоритма обработки событий приведена на рис. 2. На рис. 2 приведены процедуры обработки данных о состоянии узлов грид-сегмента, состоянии узлов кластера – на основе данных лог-файлов ЛСУР Torque и данных лог-файлов локального планировщика Maui – и возникающих при этом событий.

Для автоматизации процесса запуска скриптов предлагается обобщить технологию удаленного использования скриптов, рассмотренную в работе [5], на кластерах грид-сегмента РВС. С этой целью в структуру грид следует ввести хранилище GridFTP

[13], к которому будут иметь доступ узлы вычислительного кластера. Соответственно, на узле системы с помощью команды `check_npre-N` с `update_npre`

можно вызвать скрипт, загружающий необходимые файлы обновления для обеспечения оперативной обработки данных.

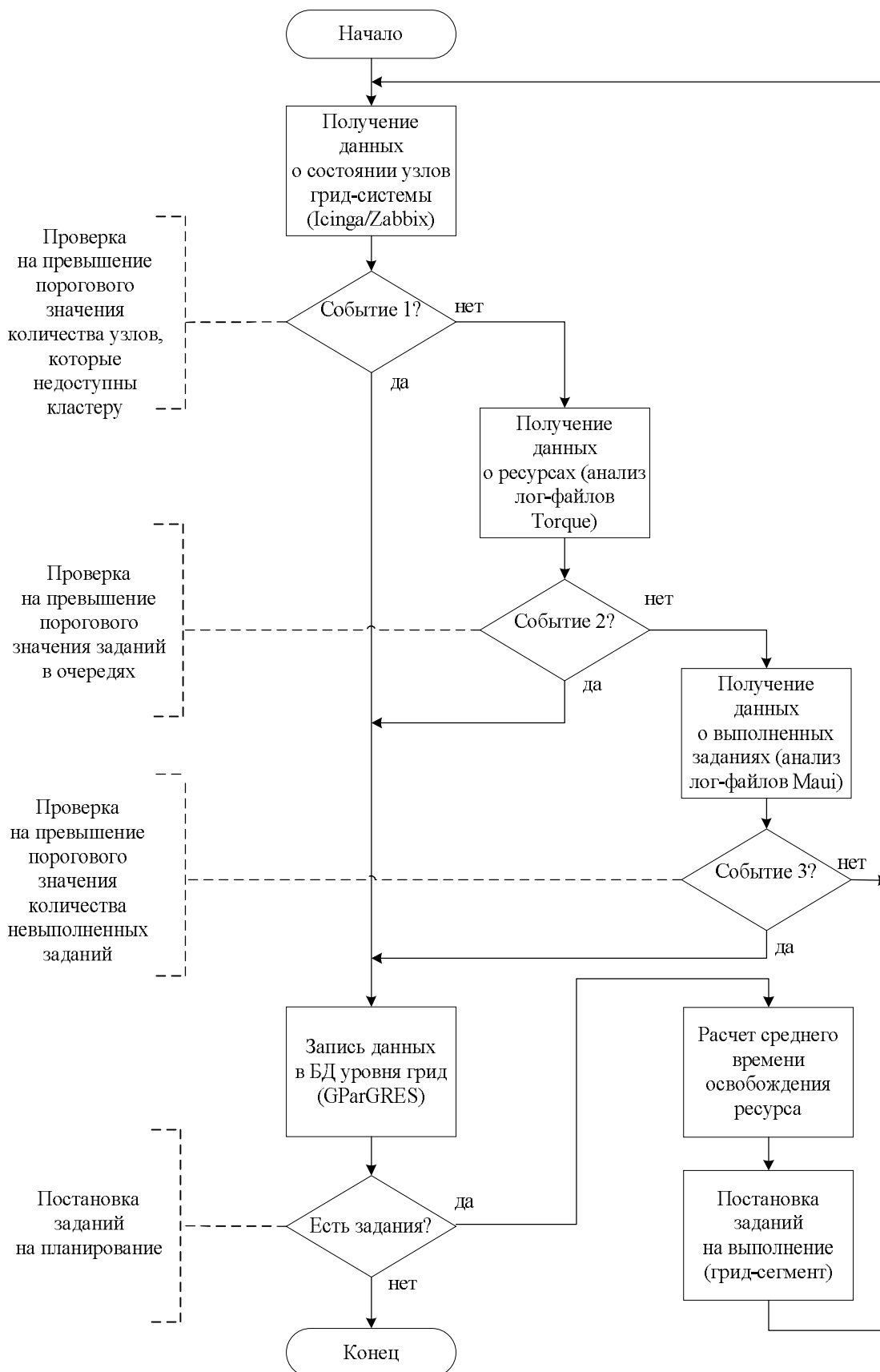


Рис. 2. Схема алгоритма интегрированной обработки событий на основе данных о состоянии ресурсов и заданий

Выводы

Рассмотрена информационная технология обработки и планирования пакетов заданий на уровне грид-сегмента PBC, базирующаяся на двухуровневой архитектуре ПО промежуточного слоя ParGRES. Данная архитектура позволяет повысить эффективность работы с транзакциями при выполнении большого количества запросов к БД, сформированной на основе данных о состоянии узлов и выполняемых на них заданиях путем опроса лог-файлов локальных систем управления ресурсами и локальных планировщиков программными агентами, обеспечивающими текущий контроль над объектами управления грид-сегмента PBC, на основе использования параллельных методов доступа к БД. Для повышения эффективности принятия решений системными администраторами вычислительных кластеров грид-сегментов предлагается использовать компоненты и коммуникационные технологии систем мониторинга, в частности, технологию удаленно работающих программных агентов, позволяющую на основе стандартных коммуникационных протоколов автоматизировать процессы обработки данных о состоянии объектов управления.

Список литературы

1. High-performance Query Processing of a Real-world OLAP Database with ParGRES [Электронный ресурс] / Melissa Paes, Alexandre A.B. Lima, Patrick Valduriez et al. – Режим доступа : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.5455&rep=rep1&type=pdf>.
2. Parallel query processing for OLAP in grids / N. Kotowski, A.A.B. Lima, E. Pacitti et al. // *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. – 2008. – Vol. 20, Issue 17. – P. 2039-2048.
3. Минухин С.В. Модели и методы решения задач планирования в распределенных вычислительных системах: монография / С.В. Минухин. – Х.: Изд-во ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014. – 324 с.
4. Минухин С.В. Информационные технологии реализации двухуровневой модели планирования пакетов заданий в распределенной вычислительной системе на основе решения задачи о наименьшем покрытии / С.В. Минухин // *Системы управління, навігації та зв'язку*. – Полтава : ПНТУ, 2015. – Вип. 1(33). – С. 111-115.
5. Минухин С.В. Информационная технология для планирования заданий на вычислительных кластерах распределенной системы на основе интеграции сервисов удаленного доступа / С.В. Минухин // *Системы обработки информации*. – Х.: ХУПЦ, 2015. – Вип. 12 (137). – С. 134-139.
6. Yue-sheng Tan. Study on Query Processing Mechanism of OGSA-DQP / Tan Yue-sheng, Wu Zhi, Wang Jing-yu // *Communications in Information Science and Management Engineering*. – 2011. – Vol. 1, No.1. – P. 22-25.
7. Akal F. OLAP Query Evaluation in a Database Cluster: a Performance Study on Intra-Query Parallelism / F. Akal, K. Böhm, Hans-Jörg Schek // *Advances in Databases and Information Systems Lecture Notes in Computer Science*. – 2002. – Vol. 2435. – P. 218-231.
8. PostgreSQL [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.postgresql.org/>.
9. Ganglia Monitoring System [Electronic resource]. – Access mode : ganglia.sourceforge.net.
10. Ganglia u Nagios: Часть 1. Мониторинг коммерческих кластеров с помощью Ganglia [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-ganglia-nagios-1/>.
11. Nagios – The Industry Standard in IT Infrastructure Monitoring [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nagios.org>.
12. NDOUtils 2.1.1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.nagios.org/news/2016/09/ndoutils-2-1-1-released/>.
13. A Tutorial on Configuring and Deploying GridFTP for Managing Data Movement in Grid/HPC Environments [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mcs.anl.gov/kettimut/tutorials/SC07GridFTPTutorialSlides.pdf>.

Надійшла до редколегії 23.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Алексієв, Харківський національний економічний університет імені Симеона Кузнеця, Харків.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБЛЕННЯ ЗАВДАНЬ В ДВОРІВНЕВІЙ РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ З ВИКОРИСТАННЯМ СУБД POSTGRESQL

С.В. Мінухін

Розглянута інформаційна технологія оброблення і планування завдань у дворівневій розподіленій системі. Для отримання інформації про стан ресурсів, завдань і черг завдань запропонована дворівнева архітектура оброблення інформації. Технологія оброблення інформації базується на дворівневій архітектурі – GParGRES і кластерній СУБД PostgreSQL, які забезпечують оперативність оброблення даних за рахунок паралельного виконання запитів до БД, а також використання компонент систем моніторингу розподілених обчислювальних середовищ.

Ключові слова: розподілена обчислювальна система, обчислювальний кластер, база даних, кластерна СУБД, інформаційна технологія, система моніторингу.

INFORMATION TECHNOLOGY OF JOB PROCESSING IN A TWO-LEVEL DISTRIBUTED SYSTEM USING DBMS POSTGRESQL

S.V. Minukhin

The information technology of processing and scheduling tasks in a two-level distributed system is considered. To obtain information about the status of resources, tasks and job queues, a two-level information processing architecture is proposed. Information processing technology is based on the two-tier –GParGRES architecture and clustered DBMS PostgreSQL, which ensure the speed of data processing due to parallel execution of database queries, as well as the use of components of monitoring systems for distributed computing environments.

Keywords: distributed computing system, computational cluster, database, cluster DBMS, information technology, monitoring system.

УДК 378:53:044

А.О. Москаленко¹, Г.В. Сокол², Ю.В. Глуховець¹, В.В. Варич¹¹ Полтавський інститут бізнесу ПВНЗ «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Полтава² Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

КОМПЛЕКС ІНТЕРАКТИВНИХ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЯВИЩ ЗАСОБАМИ BLENDER

В роботі розглянуті питання ролі та місця інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів і явищ в структурі електронного навчально-методичного комплексу з фізики для вищих військових навчальних закладів. Обґрунтовано вибір середовища розробки тривимірних моделей фізичних явищ. Запропоновано комплекс інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ засобами Blender.

Ключові слова: інтерактивні моделі; тривимірні моделі фізичних процесів та явищ; трьохвимірне моделювання; Blender.

Вступ

Навчальна дисципліна «Фізика» відіграє ключову роль в процесі підготовки військових фахівців. Теоретичні знання та практичні навички, отримані в процесі вивчення дисципліни, сприяють засвоєнню знань про стан навколишнього середовища, сферу застосування фізичних законів, цілісність наукової картини світу, формуванню фундаментальних понять, використанню здобутих знань для пояснення природних явищ і процесів, усвідомленню експериментальних і теоретичних методів наукового пізнання, виявленню ставлення до ролі фізичних знань у житті людини, суспільному розвитку, техніці, становленню сучасних технологій.

Впровадження сучасних інформаційних технологій у навчальний процес надають особливої значущості проблемі розроблення комп'ютерно-орієнтованих технологій навчання. До таких технологій відноситься і комп'ютерне моделювання фізичних процесів та явищ.

Моделювання охоплює створення, дослідження та використання моделей об'єктів. Методи моделювання широко використовуються в різних сферах людської діяльності, особливо в сферах проектування та управління, де основними є процеси ухвалення ефективних рішень на основі інформації, що отримується. Метою моделювання є здобуття, обробка, подання і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем; а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкта [1].

Під час вивчення фізичних явищ і процесів широко використовують імітаційні комп'ютерні моделі. Систематичне і цілеспрямоване їх використання сприяє: формуванню навичок самостійної роботи; розвитку логічного мислення; формуванню особистості, здатної орієнтуватися в потоці інфор-

мації в умовах сучасного світу; істотному впливові на мотиваційну сферу навчального процесу; розвитку інтересу до набуття фізичних знань; формуванню ключових компетентностей, узагальнених предметних умінь і навичок практичної діяльності.

Моделюванню фізичних процесів та явищ присвячена велика кількість наукових праць українських та зарубіжних вчених [2-5].

За результатами аналізу останніх досліджень, можна зробити висновок, що питання розробки та застосування інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ у процесі підготовки майбутніх військових фахівців, досліджені недостатньо. Саме тому впровадження інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ у навчальний процес вищих військових навчальних закладів потребує окремих досліджень.

Отже, **метою даного дослідження** є розробка комплексу інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ електронного навчально-методичного комплексу з фізики для вищих військових навчальних закладів засобами Blender.

Результати досліджень

Роль та місце інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів і явищ в структурі електронного навчально-методичного комплексу з фізики для вищих військових навчальних закладів. В попередніх працях авторами було запропоновано електронний навчально-методичний комплекс з фізики для вищих військових навчальних закладів засобами C++/Qt [6,7].

До основних елементів структури комплексу відносяться: «Лекції», «Практичні заняття», «Групові заняття», «Лабораторні заняття», «Самостійна робота». В кожному елементі комплексу містяться електронні навчально-методичні матеріали занять у відповідності до програми дисципліни.

Використання інтерактивних тривимірних моделей фізичних явищ у поєднанні з текстовою частиною електронних навчально-методичних матеріалів заняття дозволить: сприяти узагальненню та систематизації знань, активізувати й інтенсифікувати пізнавальну діяльність курсантів, спростити розуміння фізичних процесів та явищ.

Інтерактивні тривимірні моделі фізичних явищ електронного навчально-методичного комплексу з фізики для вищих військових навчальних закладів призначені для демонстрації за допомогою персонального комп'ютера динамічного протікання реальних та віртуальних фізичних процесів і явищ при читанні лекцій, проведенні групових, практичних та лабораторних занять, а також самостійної роботи курсантів із всіх розділів курсу фізики.

Обґрунтування вибору середовища розробки тривимірних моделей фізичних процесів та явищ. На даний час найбільш популярними додатками створення трьохвимірної комп'ютерної графіки являються: Google Sketch Up, 3DsMax, Autodesk Maya, Wings3d, Blender, Sweet Home 3D, CINEMA 4D та ін. За результатами порівняльного аналізу засобів створення трьохвимірної комп'ютерної графіки в якості середовища розробки комплексу інтерактивних тривимірних моделей фізичних явищ обрано Blender.

Blender – безкоштовний, професійний пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає в себе засоби моделювання, анімації, рендеринга, постобробки і монтажу відео зі звуком, компонування за допомогою «вузлів», а також для створення інтерактивних ігор [8]. Інтерфейс програми представлено на рис. 1.

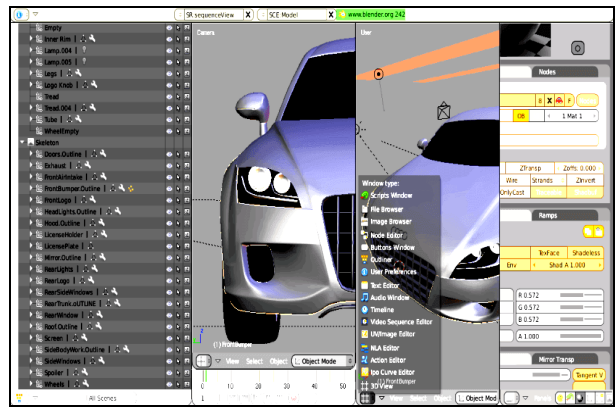


Рис. 1. Інтерфейс 3D-редактора Blender

До основних переваг Blender можна віднести: малий розмір програми, висока швидкість роботи, наявність версій для більшості сучасних операційних систем, безкоштовність, мінімальні вимоги до конфігурації апаратного забезпечення та ін.

Комплекс інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ. Розроблено комплекс інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ в середовищі Blender.

Комплекс моделей охоплює теми розділу геометрична оптика курсу фізики вищих військових навчальних закладів. До складу комплексу входять двадцять дві інтерактивні моделі. Приклад інтерфейсу моделей зображено на рис. 2.

В процесі моделювання відбувається візуалізація процесу або явища моделювання в браузері з можливістю зміни швидкості візуалізації.

Крім того, передбачена можливість зміни параметрів моделі з подальшим переглядом результатів.

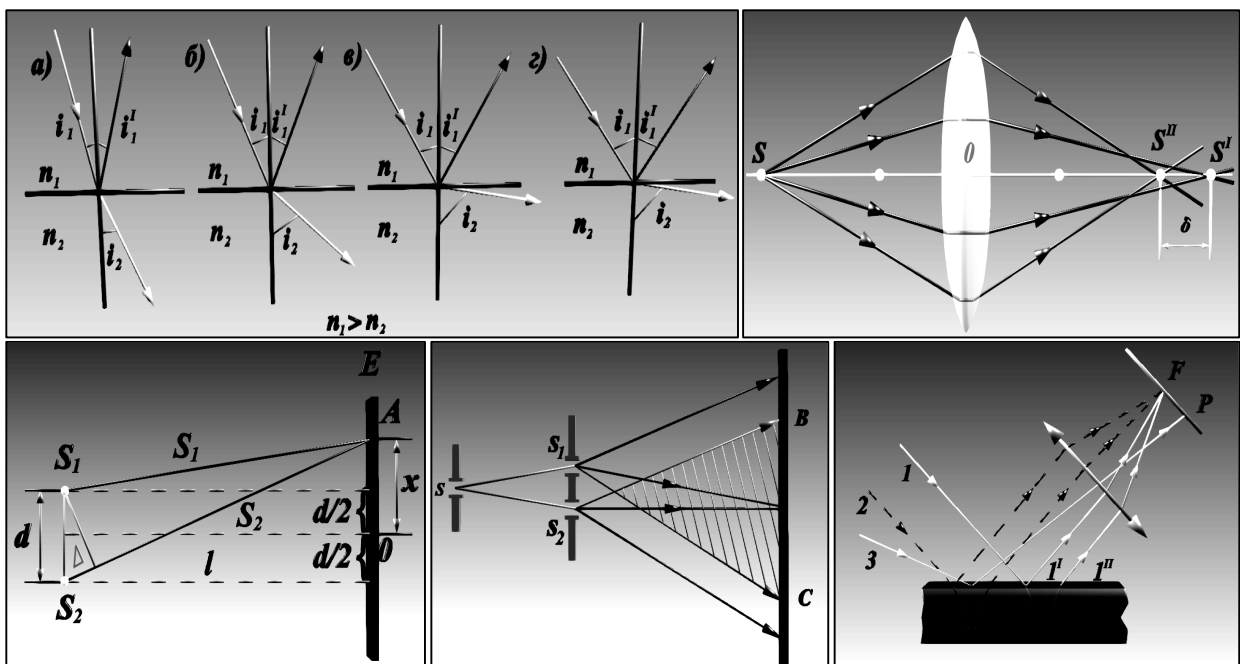


Рис. 2. Приклад інтерфейсу інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ

Зміни параметрів моделі здійснюються користувачем системи шляхом введення значень у відповідні діалогові вікна. За результатами змін параметрів відбувається зміна візуального представлення фізичного процесу або явища в браузері.

Процес взаємодії студента з моделлю представлений на рис. 3.

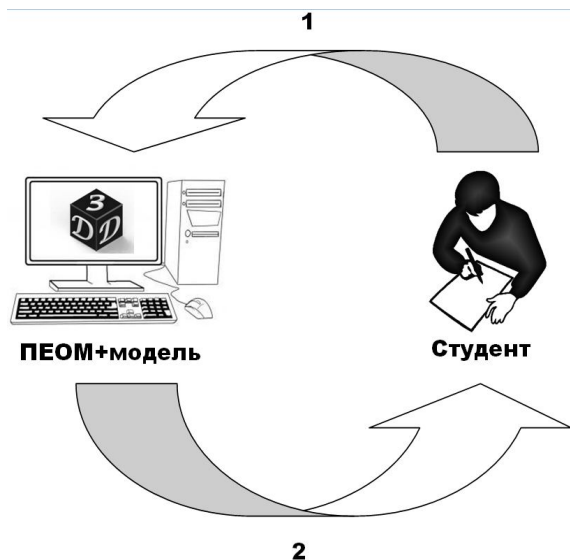


Рис. 3. Взаємодія студента з моделлю

В процесі взаємодії студента з моделлю фізичного процесу або явища можна виділити наступні етапи:

1 етап (рис. 3 стрілка 1) – здійснюється вибір необхідної моделі, введення параметрів моделі (або вибір стандартних), керування процесом моделювання (рис. 4).

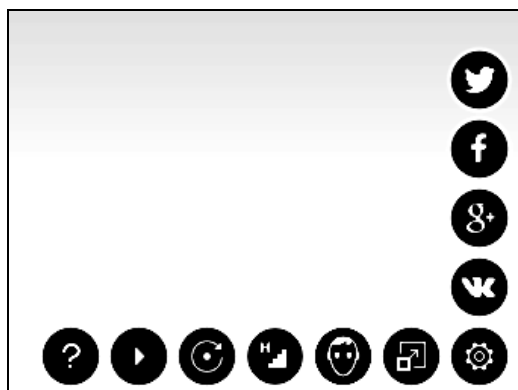


Рис. 4. Панель управління процесом моделювання

2 етап (рис. 3 стрілка 2) – візуалізація процесу або явища моделювання в браузері у відповідності до введених параметрів.

Для прикладу розглянемо використання моделі при вивченні теоретичного матеріалу.

Теоретичний матеріал.

Якщо світло падає на межу поділу двох середовищ (двох прозорих речовин), то падаючий промінь I (рис. 5) розділяється на два – відбитий II і залом-

лений III, напрямки яких визначаються законами відбивання і заломлення.

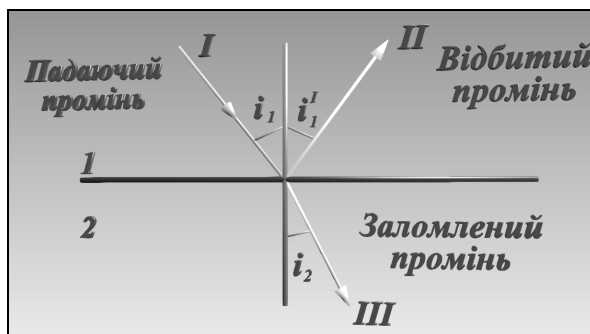


Рис. 5. Інтерактивна тривимірна модель законів відбивання і заломлення

Закон відбивання: відбитий промінь лежить в одній площині з падаючим променем і перпендикуляр, проведений до межі розділу двох середовищ у точці падіння; кут i'_1 відбивання дорівнює куту i_1 падіння:

$$i'_1 = i_1.$$

Закон заломлення: промінь падаючий, промінь заломлений і перпендикуляр, проведений до межі поділу в точці падіння, лежать в одній площині; відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення є величина постійна для даних середовищ:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}.$$

де n_{21} - відносний показник заломлення другого середовища відносно першого.

Індекси в позначеннях кутів i_1 , i'_1 , i_2 вказують, в якому середовищі (першому або другому) розповсюджується промінь.

З метою покращення засвоєння навчального матеріалу візуалізація відбувається шляхом поступового вимальовування результатів моделювання (рис. 6).

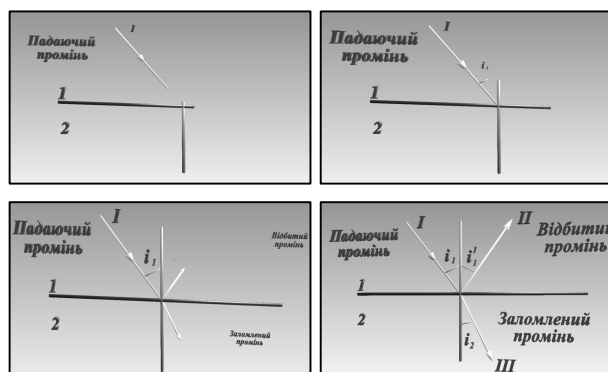


Рис. 6. Поступова візуалізація результатів моделювання

Засобами 3D-редактора Blender можливо змінювати сценарії процедури візуалізації результатів моделювання, що дозволяє удосконалювати моделі.

Переваги комплексу інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ. До переваг запропонованого комплексу інтерактивних тривимірних моделей фізичних явищ можна віднести:

1. Вартість розробки – мінімальна вартість розробки моделей забезпечується використанням безкоштовного середовища розробки.
2. Мінімальні вимоги до апаратного забезпечення – визначаються вимогами до середовища розробки.
3. Відсутність інсталяції додаткового програмного забезпечення – моделі запускаються у браузері з використанням Blend4Web Player.
4. Можливість зміни параметрів системи в процесі моделювання.
5. Можливість перегляду трьохвимірного зображення моделі.
6. Можливість інтегрування до текстових електронних навчально-методичних матеріалів.

Висновки

Таким чином, комплекс інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ засобами Blender Використання запропонованого комплексу дає змогу значно розширити зміст курсу фізики, підвищити результативність навчальної діяльності, надати їй творчого характеру, посилити прикладну значимість навчання, стимулювати розвиток образного, логічного та абстрактного мислення шляхом використання комп'ютерної графіки, забезпечити міжпредметні зв'язки завдяки використанню математичних методів відображення та опрацювання інформації про об'єкти різних предметних галузей, тощо.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення структури моделей і комплексу, розробку інтерактивних тривимірних моделей фізичних процесів та явищ з інших розділів фізики.

КОМПЛЕКС ИНТЕРАКТИВНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ СРЕДСТВАМИ BLENDER

А.А. Москаленко, Г.В. Сокол, Ю.В. Глуховец, В.В. Варич

В работе рассмотрены вопросы роли и места интерактивных трехмерных моделей физических процессов и явлений в структуре электронного учебно-методического комплекса по физике для высших военных учебных заведений. Обоснован выбор среды разработки трехмерных моделей физических явлений. Предложен комплекс интерактивных трехмерных моделей физических процессов и явлений средствами Blender.

Ключевые слова: интерактивные модели; трехмерные модели физических процессов и явлений; трехмерное моделирование; Blender.

COMPLEX INTERACTIVE THREE-DIMENSIONAL MODELS OF PHYSICAL PROCESSES AND PHENOMENA MEANS BLENDER

A.A. Moskalenko, G.V. Sokol, Y.V. Hlukhovets, B.B. Varych

It was considered the questions of the role and place of interactive three-dimensional models of physical processes and phenomena in the structure of electronic educational-methodical complex physics for higher military educational institutions. It was justified the choice of development environment of three-dimensional models of physical phenomena. It was proposed the complex three-dimensional interactive models of physical processes and phenomena by means of Blender.

Keywords: interactive model; three-dimensional models of physical processes and phenomena; three-dimensional modeling; Blender.

Список літератури

1. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навчальний посібник / Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
2. Калапуша Л.Р. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів / Л.Р. Калапуша, В.П. Муляр, А.А. Федонюк // Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. — Луцьк: РВВ Вежа. Волин.нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. — 192 с.
3. Поринев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB / С.В. Поринев. — М.: Горячая линия Телеком, 2003. — 592 с.
4. Семеріков С.О., Теплицький І.О. Роль, місце та зміст комп'ютерного моделювання в системі шкільної освіти / С.О. Семеріков, І.О. Теплицький // Науковий часопис НПУ ім. М. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно орієнтовані системи навчання. — 2010. — №9. — С. 30–40.
5. Хуторова О.Г., Стенин Ю.М., Фахртдинов Р.Х. и др. Компьютерное моделирование физических процессов / О.Г. Хуторова, Ю.М. Стенин, Р.Х. Фахртдинов и др. // Методическое пособие. — Казань, 2001 — 50 с.
6. Москаленко А.О. Електронні посібники засобами ActionScript / А.О. Москаленко, М.О. Підтереба // Актуальні проблеми розвитку сучасної науки: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції: тези доповідей. — Полтава: Полтавський літератор, 2016. — С. 102-105.
7. Москаленко А.О. Електронний посібник з фізики для вищих військових навчальних закладів / А.О. Москаленко, М.О. Підтереба // Актуальні проблеми розвитку сучасної науки: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції: тези доповідей. — Полтава: Полтавський літератор, 2016. — С. 105-108.
8. Blender // Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender>. — 21.03.2017.

Надійшла до редколегії 22.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

УДК 004.045

А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СИНТЕЗ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті наводиться синтез та аналіз інформаційної структури обробки даних на етапі первинної обробки даних. Показано, що реалізація централізованої обробки сигнальних рішень та первинної обробки даних дозволяє здійснити сумісну оптимізацію обробки даних та підвищити показники якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю повітряного простору.

Ключові слова: синтез структури обробки даних, первинна обробка даних систем спостереження

Вступ

Постановка проблеми й аналіз літератури. Підвищення надійності інформаційного забезпечення (ІЗ) користувачів системи контролю повітряного простору (ПП) неможливо без використання інформаційних технологій (ІТ) у процесі отримання, збору, обробки, зберігання й розповсюдження аеронавігаційних даних. При цьому слід зазначити, що історично (при низькій продуктивності ЕОМ та аналоговій обробці інформації у системах спостереження (СС) ІТ використалися починаючи з вторинної обробки даних (ВОД) СС ПП, а первинна обробка даних (ПОД) здійснювалася у СС. Це виключало проведення сумісної оптимізації обробки даних [1]. Реалізація цифрової обробки інформації у СС та підвищення продуктивності ЕОМ дозволили здійснювати обробку інформації СС починаючи з виходів фазових детекторів. ІТ, у цій ситуації, припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки й відображення інформації від різнорідних СС та здійснюють мережеву обробку інформації.

У [3] наведено структуру ІТ обробки даних СС повітряного простору як загальну структуру ІЗ користувачів при застосуванні ІТ починаючи з ПОІ СС. Використання ІТ з етапу ПОД відкривають нові можливості побудови структур обробки даних СС.

Мета роботи. Синтез та аналіз інформаційної структури обробки даних СС повітряного простору.

Основна частина

Єдина інформаційна мережа СС [2] розширює можливості в реалізації різних видів централізованої обробки даних в порівнянні з існуючим угрупованням інформаційних засобів. Централізована обробка даних, при цьому, дозволяє здійснити сумісну оптимізацію обробки даних СС за рахунок можливості управління порогом прийняття рішення при виявленні сигнальних даних.

Перехід до синхронних мереж СС істотно розширює можливості централізованих систем об-

робки даних. Дійсно, обробка даних може здійснюватися:

- на рівні даних про виявлення сигналів СС;
- на рівні прийнятих рішень про виявлення повітряних об'єктів (ПО).

Проведемо синтез і аналіз структур інформаційного забезпечення користувачів при розглянутих варіантах обробки даних. При цьому будемо вважати, що мається R СС, котрі здійснюють синхронний огляд простору, що допускає можливість узгодити одночасне надходження інформації за однойменними елементами дозволу, як за часом так і за простором.

В кожній з СС $r = (\overline{1, R})$, що розглядаються, прийняті сигнали після оптимальної лінійної обробки та детектування порівнюються в пороговому пристрою (ППр) з порогом. Після ППр на подальшу обробку надходять рішення $x_i = 1$, коли у елементі часового дозволу $i = (\overline{1, M})$, відповідно до просторового розділення, що аналізується, відбулося перевищення порога; коли ж не відбулося - то $x_i = 0$. Таким чином, з СС споживачеві надається сукупність рішень x_i , з потрібними показниками якості виявлення.

У такій постановці питання виявлення ПО спостерігач має в своєму розпорядженні R матрицю реалізацій $\vec{X} = \|x_{rij}\|$ де $x_{rij} = 1$, якщо в елементі часового дозволу $r = (\overline{1, R})$, $i = (\overline{1, M})$, $j = (\overline{1, N})$, відповідному аналізованому просторовому дозволу, відбулося перевищення порога; якщо ж не відбулося - $x_{rij} = 0$, N - кількість рішень за ПО, що розглядається. Для ухвалення рішення про виявлення ПО при сумісній обробці на рівні рішень піддається сукупність нулів і одиниць x_{rij} . Очевидно, що x_{rij} - випадкова величина, що підкоряється розподілу Бернуллі:

$$P(x_{rij}) = P_{rij}^{x_{rij}} (1 - P_{rij})^{1-x_{rij}},$$

де P_{rij} – ймовірність перевищення порогу в i -м часовому каналі обробки. У відсутність сигналу $P_{rij} = F_{rij}$ – ймовірність хибної тривоги, а при дії сигналу $P_{rij} = D_{rij}$ – ймовірність виявлення сигналу в СС.

Припустимо, що на вхід пристрою сумісної обробки усього масиву рішень, що приймаються, постує сукупність наведених вище випадкових величин. Сумісні розподіли ймовірності всіх можливих комбінацій x_{rij} як у відсутності, так і за наявності сигналу (гіпотези H_0 і H_1), тобто $P(x_{rij}|H_0)$ і $P(x_{rij}|H_1)$ довільні, але відомі. Для кожної конкретної сукупності x_{rij} сформуємо відношення правдоподібності:

$$\Lambda = P(x_{rij}|H_1)/P(x_{rij}|H_0). \quad (1)$$

Порівняння Λ з порогом, визначеним за допустимою ймовірністю хибної тривоги, забезпечує оптимальне за критерієм Неймана-Пірсона рішення про наявність або відсутність сигналу x_{rij} .

Через незалежність шумів в каналах часової обробки можливо записати:

$$\begin{aligned} P(x_{rij}|H_0) &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} P(x_{rij}|H_0) = \\ &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} F_{rij}^{x_{rij}} (1 - F_{rij})^{1-x_{rij}}. \end{aligned} \quad (2)$$

При дії сигналу перевищення порогів в каналах обробки – незалежні події. Тоді (2) можна записати:

$$\begin{aligned} P(x_{rij}|H_1) &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} P(x_{rij}|H_1) = \\ &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} D_{rij}^{x_{rij}} (1 - D_{rij})^{1-x_{rij}}. \end{aligned} \quad (3)$$

З урахуванням (2) і (3) вираз (1) можна записати як

$$\Lambda = \frac{\prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} D_{rij}^{x_{rij}} (1 - D_{rij})^{1-x_{rij}}}{\prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} F_{rij}^{x_{rij}} (1 - F_{rij})^{1-x_{rij}}}. \quad (4)$$

Логарифмуючи (4), отримуємо:

$$\begin{aligned} L = \ln \Lambda &= \sum_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} x_{rij} (\ln D_{rij} - \ln F_{rij}) + \\ &+ (1 - x_{rij}) [(1 - \ln D_{rij}) - (1 - \ln F_{rij})]. \end{aligned}$$

Якщо позначити множники x_{rij} :

$$\begin{aligned} Q_{rij} &= \ln D_{rij} - \ln F_{rij} - \ln(1 - D_{rij}) + \ln(1 - F_{rij}) = \\ &= \ln \left(\frac{D_{rij}(1 - F_{rij})}{(1 - D_{rij})F_{rij}} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

і відкинути доданки, що не залежать від x_{rij} , то отримуємо оптимальний, за критерієм Неймана-Пірсона, алгоритм виявлення ПО при об'єднанні попередніх рішень всіх часових каналів обробки:

$$L = \sum_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} Q_{rij} x_{rij} \stackrel{\leq}{>} z_0, \quad (6)$$

де z_0 – поріг, що визначається ймовірністю F (хибного виявлення ПО).

Отже, сумісна обробка даних зводиться до вагового підсумовування одиниць і нулів x_{rij} , що відображають прийняті в часових каналах обробки попередні рішення. Вагові коефіцієнти (5) підвищують роль того часового каналу обробки, де вище ймовірність D_{rij} і нижче ймовірність F_{rij} . Вищевикладене дозволяє зобразити структуру виявлювача у вигляді, наданому на рис. 1.

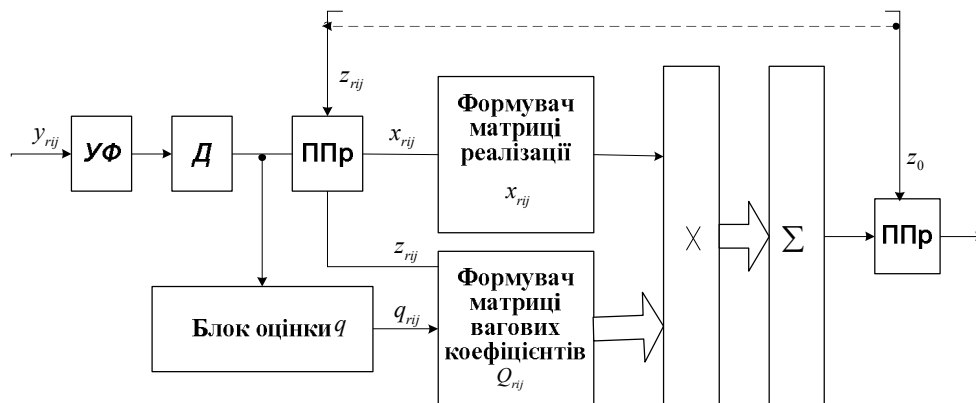


Рис. 1. Структура оптимального виявлювача ПО

Формувач матриці реалізації x_{rij} представляє собою пам'ять, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N$ біт інформації. Наявність тільки цього формувача дозволяє реалізувати квазі-оптимальний, тобто без врахування вагових коефіцієнтів, виявлювач ПО з сумісною оптимізацією виявлення. Крім всього це дозволяє реалізувати схеми з різною послідовністю процедури виявлення ПО.

Формувач матриці вагових коефіцієнтів Q_{rij} представляє собою пам'ять, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N \times Q$ біт інформації, де Q – розрядність вагових коефіцієнтів.

Таким чином, оптимізація виявлення ПО за даними СС зводиться до вибору одного з вирішальних правил, що задовольняють алгоритму (6) і до вибору відносного порогу виявлення сигналів, що забезпе-

чеє таке значення F_{rij} , яке при вибраному вирішаль-
ному правилі дають необхідне значення резуль-
туючої ймовірності хибного виявлення ПО F .

На рис.2, 3 наведені дослідження якості оброб-
ки даних синтезованою інформаційною структурою.
При централізованій обробці сигнальних рішень та
ПОД з'являється можливість реалізації двох схем
обробки:

- поєднання сигнальних рішень та накопичення
даних (I варіант);
- накопичення даних та поєднання рішень про
виявлення ПО (II варіант).

Результати розрахунків якості обробки наведе-
на на рис. 2 для двох СС та рис. 3 для трьох СС.

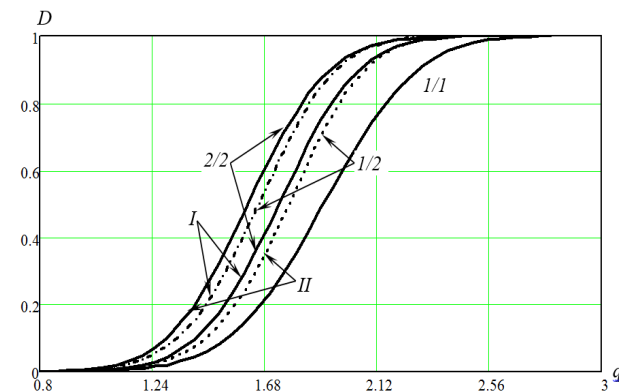


Рис. 2. Якість обробки даних за двома СС

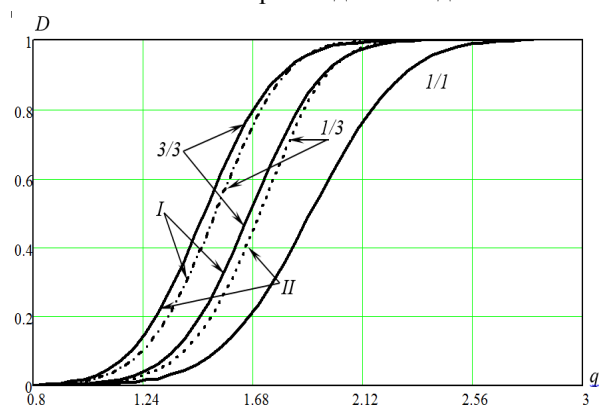


Рис. 3. Якість обробки даних за трьома СС

На рис. 2 та 3 криві 1/1 наведені для існуючої
ІТ обробки даних. Порівняльний аналіз рис. 2 та 3
дозволяє зробити такі висновки:

- при збільшенні числа поєднаних СС до
трьох якості інформаційного забезпечення корис-
тувачів системи контролю повітряного простору по-
ліпшується, як у порівнянні з відомою структурою
обробки даних, так і при використанні тільки двох
СС;
- кращі показники мають місце при викорис-
танні методу обробки даних який використовує на
першому етапі накопичення даних та поєднанні
рішень про виявлення ПО на другому етапі.

Висновки

Отримані показники якості інформаційного за-
безпечення користувачів системи контролю пові-
тряного простору показали доцільність використання
сумісної обробки даних СС ПП при широкому за-
стосуванні ІТ на етапах обробки сигнальних рішень
та первинної обробки даних. Синтезована інфор-
маційна структура сумісної обробки сигнальних рі-
шень та ПОД дозволила як оптимізувати процес так
і підвищити якість виявлення ПО.

Список літератури

1. Фарина А. Цифровая обработка радиолокацион-
ной информации / А.Фарина, Ф.Студер. – М.: Радио и
связь, 1993. – 319 с.
2. Комплексне інформаційне забезпечення систем
управління польотами авіації та протиповітряної оборо-
ни / [Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А. і др.] – К.: МОУ,
2004. – 342 с.
3. Свид І.В. Інформаційні технології обробки даних
систем спостереження / І.В.Свид, А.І.Обод // Системи
управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць. -
Вип. 4(40). – Полтава: -2016. - С. 91-93.

Надійшла до редколегії 23.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національ-
ний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Харків.

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.И. Обод

В статье приводится синтез и анализ информационной структуры обработки данных на этапе первичной обра-
ботки данных. Показано, что реализация централизованной обработки сигнальных решений и первичной обработки
данных позволяет осуществить совместную оптимизацию обработки данных и повысить показатели качества ин-
формационного обеспечения пользователей системы контроля воздушного пространства.

Ключевые слова: синтез структуры обработки данных, первичная обработка данных систем наблюдения.

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF INFORMATION DATA PROCESSING STRUCTURE SYSTEMS OF OBSERVING AIR SPACE

A.I. Obod

The article provides synthesis and analysis of information structure of data processing at the stage of primary data processing. It
is shown that the implementation of centralized processing of signal solutions and primary data processing allows for joint
optimization of data processing and improving the quality of information provision for users of the airspace control system.

Keywords: synthesis of data processing structure, primary processing of surveillance systems data.

UDC 004.716

A.V. Prischepa

State University of Telecommunications, Kiev

MODERN DATA TRANSMISSION SYSTEM

In the article the modern existing data systems and their features.

Keywords: network, a channel system, data transmission.

Introduction

Today's realities require a person to be informed of all the latest events, news, financial and political world, as well as to respond immediately to any changes occurring in the world. Man needs a constant exchange of data. A striking example of such information depending on the communication channels may be called *trejderstvo*. Man playing the stock exchange, should possess all the information that affect the stock price. More than that, he needed the Internet, in time to make a change in his chips, otherwise he will not get profit. Due to the fact that now actively developing cable, satellite and mobile communication lines, such a person can be continuously operated canal, and often even a backup, just in case.

Main part

The data transmission system - a system for transmitting information within various infrastructure management systems, and between them, as well as with external systems. The data transmission system is, directly or indirectly, the main component of the technical performance of virtually all medium and large organizations, as well as many small companies that use modern means of managing their businesses.

Historically, that the data transmission system each year becomes more versatile medium for transmitting a variety of information as between end users and among system devices. The greater the flexibility, the more requirements for this system.

The data transmission system consists of several components, determined in accordance with the task. They are not a complete list:

- switches;
- routers;
- Firewalls and bridges;
- multiplexers;
- wireless access points;
- CPE.

Data networks may be wired, which means connection of computers via cables, or wireless, in which the connections are made by means of radio waves through the air. The wireless connection allows you to work on computers anywhere in the house without the use of cables. Cabling costly process, and they do not look aesthetically pleasing and can be dangerous if freely lie on the floor. Wired data transmission system can be divided

into systems using twisted pair telephone wires, and systems using fiber optic cables, this category should also include systems in which, along with fiber optic cables are also used coaxial cable [1].

Wireless data transmission systems. At present, the rapid development of wireless technology has opened up new business opportunities for the effective organization of corporate network. The advantages of wireless solutions:

- The low cost of deployment;
- Mobility;
- Safety, the ability to encrypt traffic;
- Reliable and high-quality telephone service;
- High-speed Internet access;
- Independence from cable infra structure;
- Easy to connect and use.

The absence of wires and, as a consequence, reference to any particular place has always been important for mobile users who are on-line access to the information needed constantly, regardless of their location. Wireless networks are effective primarily for data transmission over distances up to several hundred meters, and are low cost implementation. The range of wireless network equipment may include a wireless video cameras and other devices. The development of wireless access systems are in three main areas. This satellite systems, terrestrial microwave systems and personal mobile communication systems which allow for access of mobile users. Of course, each of these means has its advantages and disadvantages [5].

Personal cellular systems. Access to the Internet can be arranged through the existing cellular system using analog modems (modem for transmission over telephone lines). Since cellular channels have a sufficiently narrow bandwidth, the data rate is low (in the gradual development of cellular communication systems and technology enhancements data rate also gradually grew from 9.6 kbit / s to 19.2 kbit / s). A certain increase in data transfer rates can be achieved through the use of temporarily free channels (in which telephone calls are not kept).

Microwave systems. As soon as the increased demand for increasing the number of long-distance links, systems were developed to satisfy such requirements. One of these systems were microwave links, in which as the carrier signal is not used cable and radio. Working at very high frequencies (UHF range), one radio link is capable of supporting the work of thousands of voice chan-

nels and several television channels simultaneously. Using this frequency range results in the need to place the repeaters at a small distance from each other (30 kilometers) in the line of sight (a microwave signal can not turn the corner, or even through a small jump hill). The need to build in a certain distance relay tower with antennas makes this technology rather expensive in communication organization over a long distance, but this technique may find application, for example, to arrange the fixed radio access high-speed data transmission between two buildings (at a rate of 2 Mbit / s and higher). In many cases, such a decision would have a lower cost compared with the laying of the buildings between the optical-fiber cable (for example, in the cities, where lay the cable is not always easy, or in the case when the building divided by the river). [4]-

In the context of the lack of frequency resources have been created, developed and successfully applied a fixed wireless access systems operating in the infrared (IR-based LEDs and semiconductor lasers). They provide a working distance from 300 meters to 1-3 km at speeds up to 155 Mbit / s. All of the major drawbacks of these systems (relatively high cost and some dependence on weather conditions and pollution optics) more than compensated the absence of the need to obtain permission to use radio frequencies, as well as the speed and simplicity of installation. But the next step in the development of fixed radio access systems has been the creation of information-sharing protocols between the transceiver to enable connectivity to organize many objects to one (compound "point-to-multipoint") that best fits the task of organizing access to Internet. In addition, various mechanisms have been established (e.g., packet transmission, work in changing frequency), which will increase the capacity, transfer rate and spectral efficiency [2].

Providing an average data rate of this type of system used to organize the transmission channel at a sufficiently large distance. At the same time, exposure to external interference and dependence on the geographical conditions (obligatory need line of sight) make use of such systems is not always appropriate.

Satellite systems. For data transfer used, and satellite systems. Moreover, options may be different - from the low-speed individual channels for individual users to high-speed channels, simultaneous access to which may have a large number of users (multiple access). In the first case, the bidirectional channel can be used (but it can afford only a very rich organizations). In the second case, the satellite only serves to transmit downstream data coming from the Internet to the user. The user must be sure to install a satellite dish, a microwave receiver and decoder card directly to a personal computer. For the organization of the upstream (from the user to the Internet network) used telephone line and modem.

The satellite covers a large area on the surface of the Earth and is the most "widely covered" Internet access technology from a geographical point of view. Satellite access systems are not very high data rate (about 400 kbit / s towards the user) and do not work very quickly.

Fiber-optic and fiber-coaxial system. Fiber-optic and fiber-coax system originally created for cable TV and video signals. Due to the fact that these systems are, by definition, broadband, developed just such a technology that would allow use this advantage for high-speed data transmission, mainly to provide Internet access to individual users. Bidirectional CATV system can transmit downlink data stream in the frequency band from 50 MHz to 750 MHz, which is divided into 6 MHz channels. The frequency band allocated for upstream data is shared between all users to which a coaxial cable is laid. Typically, this frequency range from 5 MHz to 40 MHz. One video channel having a nominal bandwidth of 6 MHz can be used for transmitting data from the Internet at speeds up to 30 Mbit / s. The total flow rate of the uplink data up to 10 Mbit / s, but the method is practiced in reality collective use for each individual user gives a much lower value [3].

It would seem that all is well. And why not develop a fiber-optic user access to Internet technology. Everything is very simple. The development of fiber-optic technology and the deployment of fiber-optic cable networks is very expensive. Especially if we compare the implementation of this technology with other technologies. Does it make sense to build new expensive communication lines to each user, if the vast majority of these users already connected to at least one telecommunications company telephone.-

The use of twisted pair telephone wires, and subscriber data. Twisted pair cable type of communication, represents one or more pairs of insulated conductors twisted together, covered with a plastic sheath. Cabling conductors made to improve communication of one pair of conductors (electromagnetic interference equally affect both wires of the pair) and subsequent reduction of electromagnetic interference from external sources, and the mutual interference when transmitting differential signals. To reduce the communication of individual pairs of cables (periodic convergence conductors of different pairs) in the cables UTP category 5 or higher wire pair wove with different pitches. Twisted pair - a component of modern structured cabling systems. Used in telecommunications and computer networks as a network carrier in many technologies, such as Ethernet, Arcnet and Tokenring. Currently, due to its low cost and ease of installation, it is the most common solution for building local networks. Telephone wires is the main carrier, which is currently used to connect to all subscribers to the telephone network equipment. Each subscriber telephone network has a single physical pair of wires in the cable leading from the telephone exchange, which connects it to the telephone switching equipment installed at the telephone exchange. Each pair in the cable is twisted, thus reducing unwanted noise. In the implementation of regular telephone cable, each pair at the subscriber site cabling supports one voice channel. Also twisted pairs of wires used for connecting PCs on a LAN (local area networks). There are three main solutions in the organization access to the Internet over a twisted pair network. It is an

analog modem designed specifically for transmission over telephone lines, ISDN, and about the technologies, under the general title xDSL. Analog modems are well-known principle of operation is based on a range of voice frequencies twisted pair for data transmission. For this purpose, transmission technology, known as "frequency shift keying" and "quadrature amplitude modulation". Analog modem allows to achieve the data rate to 56 kbit / SK Unfortunately, analog modem transfer speed depends largely on the quality of the telephone line and the established connection. That is why to receive the maximum data transfer rate is almost impossible (usually a modem with a claimed speed of 33.6 kbit / s allows you to work at a speed of 28.8 kbit / s, at best, 31.2 Kbit / s). Lay Internet users can use analog modems, but sooner or later, any one of them is faced with the problems associated with low quality connections and overloads the public telephone network. This network, in its current form at the moment, it is not designed to pass Internet traffic. Higher-speed analog modem is an alternative ISDN.

ISDN is a digital technology which allows to transmit data at a rate of 144 kbit / s. For this purpose 2V1Q coding scheme. The data rate of 144 kbit / s consists of two B channels of 64 kbit / s each are used for voice and data, and a single overhead channel D of 16 Kb / s for transmitting control signals. The channels may be used as two separate voice channels and two data channels at 64 kbit / s, as two separate voice and data channels, and also together with a data transmission rate of 128 kbit / s.

xDSL technology can significantly increase the data transmission rate over copper telephone wire pairs, thus not requiring a global modernization subscriber cable network. It is an opportunity to convert existing telephone lines, subject to a certain amount of preparatory technical measures in high-speed data channels is the main advantage of xDSL technologies. These technologies make it possible to significantly expand the bandwidth of copper subscriber telephone lines. Any subscriber who uses a conventional telephone connection is a potential candidate for the fact that with the help of one of the xDSL technologies to significantly increase the speed of your Internet connection. At the same time provided for the preservation and the normal operation of a conventional telephone connection, regardless of the use of the Internet [5].

The variety of xDSL technology allows a user (subject to certain restrictions relating to the length and quality of a subscriber line), it is suitable to select a data rate of 32 kbit / s to more than 50 Mbit / s. Advanced xDSL technologies make it possible to organize a high-speed

Internet access for each individual user and each small business, turning ordinary telephone lines into high-speed digital channels. xDSL includes a set of different technologies to organize the digital subscriber line that are different from the distance by which the signal is transmitted, data transmission rate, and the difference in transmission rates "downlink" (from the network to the user) and the "bottom" (from the user to the network) data stream. xDSL technology provides telecommunication companies the opportunity, from which they simply can not refuse. They provide a quick and inexpensive method for the additional use of an existing cable network, as well as the framework for the transition to future technologies. To ignore this would be just silly.-

Conclusions

The data transmission system - a system for transmitting information within various infrastructure management systems, and between them, as well as with external systems. Data transmission systems may be wired or wireless, in which the connections are made by means of radio waves through the air. The development of wireless access systems are in three main areas. This satellite systems, terrestrial microwave systems and personal mobile communication systems which allow for access of mobile users. Wired data communication system can be divided into systems using twisted pair telephone wires, and systems using fiber-optic cables, this category should also include a system in which, together with fiber-optic cables are also used coaxial cables. The wireless connection allows you to work on computers anywhere in the house without the use of cables. However, for the freedom and mobility of a wireless network comes at a price: a wired network work a little faster. However, most users enough speed wireless network.-

Reference

- 1 Bertsekas D. *Data networks / Bertsekas D., R. Gallager: – lane. from English. - M.: Mir, 2003. - 562 c.*
- 2 *Wireless networks Wi-Fi / A.V. Proletarskii [et al.]. - International University of Information Technology, 2007.*
- 3 Grigoriev V.A. *Network and radio access system / V.A. Grigoriev, O.I. Lagutenko, Y. Raspail. - M.: Eco-Trendz, 2005. - 384 p.*
- 4 Olifer V.G. *Fundamentals of data networks / V.G. Olifer, N.A. Olifer.- Internet University of Information Technologies, 2005.*

Надійшла до редколегії 22.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.М. Степанов, Державний університет телекомунікацій, Київ.

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

О.В. Прищепа

У статті розглянуті сучасні існуючі системи передачі даних та їх особливості.

Ключові слова: мережа, канал, система, передача даних.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А.В. Прищепа

В статье рассмотрены современные существующие системы передачи данных и их особенности.

Ключевые слова: сеть, канал, система, передача данных.

УДК 004.78

С.О. Сілін, І.В. Шостак

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна

ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ МІЖ ІОТ-ПРИСТРОЯМИ, ЩО ПОЄДНАНІ ТРАНСЛЯЦІЄЮ МЕРЕЖЕВИХ АДРЕСІВ

Викладено підхід до створення віртуальної мережі, яка буде поєднувати велику кількість ІоТ-користувачів шляхом створення peer-to-peer з'єднань між пристроями, що знаходяться в мережах різного рангу. Проаналізовані переваги та недоліки уже існуючих рішень зазначеної проблеми, таких як застосування торрент-клієнтів та менеджера Tox. Запропоноване рішення у вигляді такої віртуальної мережі, яка б об'єднувала пристрої незалежно від того, в якій фізичній мережі вони знаходяться. Описана структура такої віртуальної мережі, та принципи, за якими ця мережа може функціонувати.

Ключові слова: віртуальна мережа, peer-to-peer з'єднання, ІоТ-користувачі, торрент-клієнти, менеджер Tox.

Вступ

Актуальність теми. З розвитком сучасних телекомунікаційних технологій доступ до глобальної мережі став можливий з будь якої точки планети. Як результат - кількість пристроїв, які обмінюються інформацією з її допомогою збільшується дуже швидко. В минулому це були персональні комп'ютери (ПК), потім з'явилися смартфони, поява котрих призвела до різкого збільшення кількості активних користувачів глобальної мережі. Зараз набуває популярності новий клас малопотужних пристроїв, які отримали назву «Інтернет речі» (Internet of things) [1]. В перспективі, кількість цих пристроїв може стати більшою, ніж ПК і смартфони разом взяті. Тому удосконалення і розробка методів комунікації між ними є актуальною проблемою.

Аналіз існуючих рішень. Оскільки глобальна мережа Інтернет по своїй суті являє собою сукупність різнорангових мереж, то пристрої, що знаходяться в різних мережах одного рангу, не зможуть встановити з'єднання між собою без сторонньої допомоги, оскільки цьому заважає трансляція мережених адресів, або англійською Network Address Translation (NAT) [1]. Варіантом вирішення цієї проблеми може бути створення центрального веб-сервера, який має публічний IP адрес [2], та який є доступним для всіх користувачів, котрі знаходяться в низько рангових мережах. Але зі збільшенням загальної кількості активних пристроїв зростає і навантаження на веб-інфраструктуру. З цього виходить, що для підтримки ефективної роботи системи необхідні постійні інвестиції в обладнання. Якщо цього не робити, то спочатку це може призвести до зменшення відгуку системи в цілому, а потім і до повної її відмови. Іншим варіантом побудови розподілених застосунків може бути створення peer-to-peer [3] з'єднань між пристроями з прямим обміном інформацією. Як результат, всі пристрої повинні бути в одній мережі одного рангу, або мати статичні IP адреси, якщо обумовлює необхідність керування ними через глобальну мережу Інтернет. Зазначений процес реалізувати часом не можливо, особливо, якщо пристрої у

складі мережі розподілені по всьому світу. Рішенням цієї проблеми може бути створення віртуальної мережі, яка б об'єднувала всі пристрої в єдине середовище, та надавала б можливість створювати peer-to-peer з'єднання між ними., незалежно від того, в яких фізичних мережах знаходиться кожен з цих пристроїв.

Сама можливість створення peer-to-peer з'єднань між пристроями, що сховані за NAT не нова. Яскравими прикладами можуть бути різноманітні реалізації torrent-клієнтів [3] та захищений меседжер Tox [4]. Кожен з них використовує свою власну реалізацію яку важко виділити як окремий модуль, тому розробка подібного рішення коштує дорого та займає багато часу. Крім цього їх функціональності недостатньо для створення повноцінної віртуальної мережі.

Мета статі полягає в описі вимог до захищеної віртуальної мережі, яка б надала змогу організувати peer-to-peer з'єднання між пристроями, що знаходяться за NAT.

Основна частина

Розглянемо переваги підходу до побудови віртуальної мережі на такому прикладі. У нас є будинок із встановленими декількома ІоТ пристроями, якими можливо керувати за допомогою мобільного застосунка. Цей мобільний застосунок має доступ до центрального серверу з публічним адресом, який, в свою чергу, з'єднаний із всіма ІоТ пристроями. Коли нам потрібно відправити команду для девайса в будинку, то мобільний застосунок спочатку зв'язується з центральним сервером, котрий в свою чергу опрацьовує команду, розуміє її, та пересилає далі. Щоб це було можливо, пристрій, для якого призначена команда, повинен постійно підтримувати зв'язок із центральним сервером. Після виконання команди він може відправити якусь відповідь для мобільного застосунка. Тут повторюється уже відома нам послідовність, але вже навпаки. Щоб оптимізувати витрати, центральний сервер буде працювати одночасно з декількома будинками, що у випадку його відмови вплине нас всіх користувачів.

Тепер розглянемо той самий приклад, але реалізований за допомогою віртуальної мережі. Вона буде

складатися з декількох IoT-девайсів і смартфона. При необхідності відправити команду, за стосунок отримає в однієї із нод адрес необхідного пристрою, запам'ятає його та відправить команду безпосередньо на пристрій, якій її опрацює. Після того він отримає адрес мобільного девайса, запам'ятає його і відправить відповідь. Якщо знадобиться відправити нову команду, то мобільний застосунок вже буде знати адресу і відразу відправить її, те ж саме справедливо для IoT-девайсу. Але слід відмітити, що так буде відбуватися не завжди, бо існує ймовірність того, що NAT може змінити публічний адрес пристрою; в цьому випадку, не отримавши підтвердження того, що команда дійшла до адресата, мобільний застосунок оновить адресу за допомогою ноди і знов відправить команду. Подібна ситуація буде траплятися не часто, оскільки кожен раз при її виникненні нода буде змінювати налаштування holepunching-a, щоб уникнути її повторення в майбутньому.

Розглянемо обидва приклади більш детально. У першому випадку центральний сервер бере активну участь в комунікації між мобільним застосунком та IoT пристроєм і весь трафік йде через нього. В результаті може наступити момент, коли ширини каналу передачі даних може не вистачити. Це може навіть трапитися до повної утилізації центрального серверу, оскільки він не виконує важких розрахунків.

При реалізації подібного застосунку через віртуальну мережу старт ноди буде викликати різкий сплеск навантаження, але коли всі мережі сформується, настане період відносно рідкого коригування з'єднань між окремими пристроями. При цьому буде спостерігатися отримання періодичних пакетів для підтримки hole punching-a, а весь трафік буде йти прямо від відправника до адресата. Таким чином, трафік буде рівномірно розподілений між всіма мережами. Це означає, що одна нода зможе підтримувати роботу набагато більшої кількості пристроїв одночасно в порівнянні з централізованим сервером.

На практиці існує багато застосунків, які створюють peer-to-peer з'єднання між своїми клієнтами. Наприклад, торрент клієнти використовують публічні сервери-трекери для отримання та підтримки публічних адресів. Можливостей цих трекерів навіть достатньо для створення віртуальної мережі між декількома пристроями. В такій мережі хешторрент файл буде її ідентифікатором. Всі, кому він відомий, зможуть приєднатися до неї, та дізнатися поточні адреси всіх клієнтів. Але трекери не мають інтерфейсу для ідентифікації кожного окремого пристрою та обмеження доступу для тих, що не пройшли авторизацію. Крім того, відсутня можливість прямого з'єднання між окремими пристроями, які не знаходяться в одній мережі. В свою чергу, менеджер Tox має таку можливість. Кожен активний застосунок генерує публічний та приватний ключ при першій активації. Публічний ключ стає унікальним публічним ідентифікатором пристрою, знаючи його, достатньо приєднатися до tox-ноди для того

щоб дізнатися поточний адрес пристрою. За допомогою приватного ключа шифруються всі пакети, що меседжерTox відправляє іншим пристроям. Але тут існує проблема, tox-ноди не мають можливості об'єднати окремі пристрої в групу, що необхідно для організації повноцінної віртуальної мережі.

Структура та протокол віртуальної мережі.

Інфраструктура для підтримки подібних віртуальних мереж може складатися з необмеженої кількості нод. У кожній мережі повинний бути свій адміністратор. Тільки він має право на підключення чи відключення пристроїв до неї. Створення та наступне управління мережею буде виконуватися на сервері-ноді.

Авторизація адміністратора та будь якого пристрою буде проходити з використанням публічного та приватного ключа, аналогічно з меседжером Tox. Кожна мережа повинна мати унікальне ім'я, яке буде слугувати для об'єднання пристроїв, аналогічно з хешем в торренттрекерах. Процедура створення віртуальної мережі можливо показати у вигляді діаграми послідовності (рис. 1).

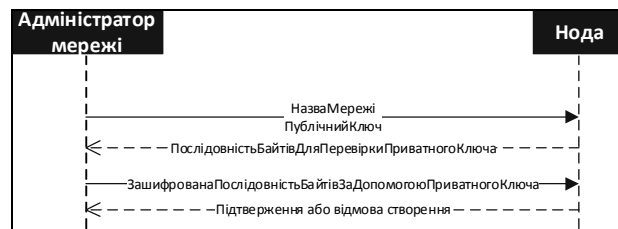


Рис. 1. Діаграма послідовності для створення віртуальної мережі

На цій і наступних діаграмах інформація, яка потрібна для ідентифікації поточного з'єднання відсутня, оскільки вона залежить від типу з'єднання. Як видно із діаграми, адміністратор повинний надати ім'я мережі та свій публічний ключ. У відповідь нода надішле послідовність байтів, яку необхідно буде зашифрувати за допомогою приватного ключа та відправити назад. Якщо після розшифровки надіслані байти співпадуть із отриманими, то мережа буде створена, а її адміністратором буде вважатися будь хто, якщо має відповідний приватний ключ. Підключення нового пристрою можливо показати діаграмою (рис. 2).

Пристрій, що необхідно підключити до мережі, спочатку необхідно авторизувати, ця операція реалізується в перших трьох повідомленнях, аналогічно до авторизації адміністратора. Після чого нода відправить повідомлення до адміністратора для підтвердження підключення і, залежно від його рішення, підключить, або відмовить у підключенні. Якщо адміністратор на даний час відсутній в мережі, нода помістить запит в список, котрий буде доступний адміністратору, коли той з'явиться в мережі. Відправлення повідомлення від пристрою до пристрою показано на рис. 3. Як видно із діаграми (рис. 3), спочатку перший пристрій дізнається про поточну адресу іншого пристрою у ноди, а вже потім між ними виникає повноцінна взаємодія.

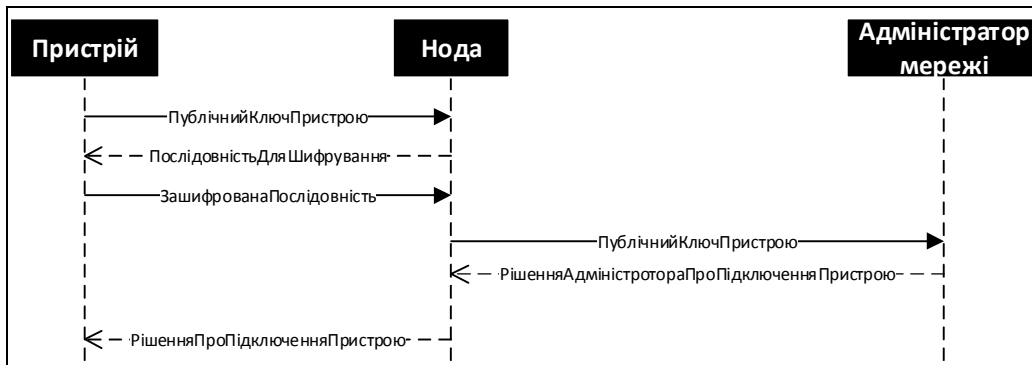


Рис. 2. Діаграма послідовності для підключення нового пристрою до віртуальної мережі

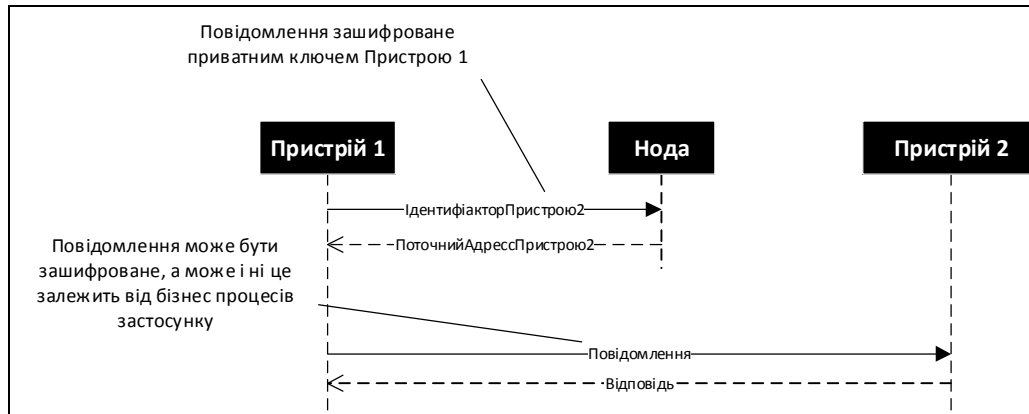


Рис. 3. Діаграма послідовності для відправки повідомлення іншому пристрою віртуальної мережі

Висновки

В статті розглянута проблема створення peer-to-peer з'єднань між пристроями що знаходяться в мережах різного рангу.

Проаналізовані переваги та недоліки уже існуючих рішень, таких як застосування торрент-клієнтів та менеджера Tox.

Запропоноване рішення у вигляді такої віртуальної мережі, яка б об'єднувала пристрої незалежно від того, в якій фізичній мережі вони знаходяться.

Описана структура такої віртуальної мережі та принципи, за якими ця мережа може функціонувати.

Список літератури

1. *Internet of Things* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
2. *Network address translation* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NAT>
3. *BitTorrent* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>
4. *Tox Messenger* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tox_\(protocol\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tox_(protocol)).

Надійшла до редакції 2.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф., О.Є. Федорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ВИРТУАЛЬНОЙ СЕТИ МЕЖДУ IoT-УСТРОЙСТВАМИ, СОЕДИНЕННЫМИ ТРАНСЛЯЦИЕЙ СЕТЕВЫХ АДРЕСОВ

С.О. Силин, И.В. Шостак

Изложены подход к созданию виртуальной сети, которая будет сочетать большое количество IoT-пользователей путем создания peer-to-peer соединений между устройствами, находящимися в сетях различного ранга. Проанализированы преимущества и недостатки уже существующих решений данной проблемы, как применение торрент-клиентов и менеджера Tox. Предложено решение в виде такой виртуальной сети, которая объединяла устройства независимо от того, в какой физической сети они находятся. Описана структура такой виртуальной сети, и принципы, по которым эта сеть может функционировать.

Ключевые слова: виртуальная сеть, peer-to-peer соединения, IoT-пользователи, торрент-клиенты, менеджер Tox.

APPROACH CREATE A VIRTUAL NETWORK BETWEEN IoT-DEVICES COUPLED NETWORK ADDRESS TRANSLATION

S.O. Silin, I.V. Shostak

The approach to create a virtual network that will combine a large number of IoT-friendly by creating peer-to-peer connections between devices within the networks of different rank. Advantages and disadvantages of existing solutions to this problem, such as the use of torrent clients and manager Tox. The proposed solution such as virtual network device which would unite regardless of where they are physical network. We describe the structure of this virtual network, and the principles on which the network can function.

Keywords: virtual network, peer-to-peer connection, IoT-users torrent clients, manager Tox.

УДК 004.623

В.М. Ткачов

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Харків

МЕТОД ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ ПРОМІЖНОГО ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ СКЛАДНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглянута проблема організації середовища для передачі даних з мінімальними затримками в складних інформаційних системах та виокремлено рішення з організації такого середовища у вигляді комп'ютерної мережі. Розкрито суть функції проміжного зберігання даних в мережі. Зроблений аналіз літератури та поставлена задача розробки методу передачі даних в спеціалізованій комп'ютерній мережі. Приведений коротенький опис даної мережі, розроблено алгоритми функціонування її вузлів. Надані рекомендації щодо практичного застосування та зроблені відповідні висновки.

Ключові слова: передача даних, проміжне зберігання, складна інформаційна система, метод.

Вступ

Однією з головних задач в теорії побудови складних інформаційних систем є організація обміну інформацією між її підсистемами, компонентами або вузлами. Як правило, середовище для передачі даних розглядається у вигляді гетерогенної комп'ютерної мережі, а сама мережа не завжди є складовою складної інформаційної системи [1]. Це призводить до спонтанних затримок в процесі передачі даних, що, в свою чергу, збільшує час виконання завдань задачі. Наприклад, при організації розподілених хмарних обчислень за умови виділення фактичного часу для проведення розрахунків, деяка його частина витрачається на передачу даних до віртуальної обчислювальної системи. Точно спрогнозувати необхідний сумарний час – стає не вирішуваною задачею, адже динаміка зміни пропускнуої можливості комп'ютерних мереж провайдерів – довготривала задача, на вирішення необхідний час, за який сам сенс передачі даних стає не актуальним. Застосовується квазіоптимальне рішення, побудоване на використанні мінімальних значень пропускнуої можливості на підставі статистики застосувань підходу [2].

Відсутність системи універсальних рішень щодо побудови єдиної моделі організації передачі даних стала причиною пошуку рішень у контексті створення віртуальних мереж для передачі даних в складних інформаційних системах. Тобто, такі мережі, по-перше, розглядаються як підсистеми складних інформаційних мереж; по-друге, з'являється критерій гнучкості щодо створення методів для передачі даних в таких структурах.

Аналіз публікацій та постановка задачі. У роботі [3] розглянуто існуючі тенденції передачі даних в глобальних мережах та запропоновано спосіб організації інформаційної систему через систему апаратно-програмного комплексу проміжної мережі передачі даних. Особливістю запропонованого способу є побудова моделі та проведення тестування з урахуванням тенденцій завантаження мережі, а потім передача досвіду системі, яка буде будувати ма-

шрути передачі даних в динамічному режимі. Недоліком запропонованого способу є складність в реалізації та значна затримка для виконання процедур автоматичного моделювання при кожній новій ітерації формування політик передачі згрупованих масивів даних між підсистемами інформаційної системи. У патенті США [4] задекларовано можливість застосування проміжних віртуальних мереж, як середовища для передачі даних між компонентами, але не наведено рекомендацій щодо особливостей практичної реалізації. У книзі [5] описана можливість застосування віртуальних додатків шляхом налаштування на обладнанні деяких виробників для можливості створення туманної мережі буферизації даних. Однак також не наведено рекомендацій щодо особливостей практичної реалізації та відсутня інформація щодо механізмів взаємодії різних віртуалізованих рішень в рамках спільної задачі.

Таким чином, актуальною є задача розробки методу передачі даних в комп'ютерній мережі, яка реалізує функцію віртуального середовища для збереження та транспортування даних в рамках функціонування складної, територіально розподіленої інформаційної системи.

Результати досліджень

Коротенький опис підсистеми збереження даних в складній інформаційній системі. Позначимо:

$\varphi_{i+n, i+n} - i$ -й вузол комп'ютерної мережі

проміжного зберігання даних складної інформаційної системи, який характеризується: s – емністю власної системи збереження даних; x_t^{i+n} – час завантаження даних в систему збереження даних в t -й момент часу із $(i+n)$ -го вузла ($n = 1, 2, \dots, \ell$); y_t^{i+n} – час вивантаження даних із системи збереження даних в t -й момент часу до $(i+n)$ -го вузла ($n = 1, 2, \dots, \ell$); ϕ_j – j -е маршрутизатор (фактичний або віртуальний (SaaS)).

Враховуючи інші елементи, підсистему можна представити як $\Theta = \{\varphi, \phi\}$, або у вигляді кортежу:

$$\Theta = \{\Phi, \Gamma, G, W, F\} \quad (1)$$

де $G = \{g\}$ – множина зав'язків між елементами підсистеми; $W = \{w\}$ – множина зав'язків між елементами підсистеми та системи; F – функція підсистеми.

Враховуючи раніше введені параметри, маємо:

$$\Theta^\varphi, \Theta^\phi = \{m^i\} = \{m_{\varphi}^i, m_{\phi}^i\} \quad (2)$$

Загальний вигляд описаної підсистеми наведено на рис. 1.

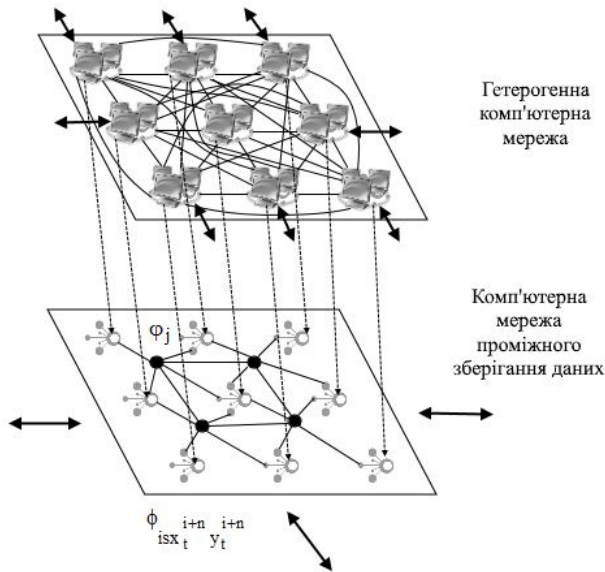


Рис. 1. Загальний вигляд підсистеми

Алгоритм функціонування комп'ютерної мережі проміжного зберігання даних.

Крок 1. На ϕ_j маршрутизатор надходить запит від підсистеми, яка ініціює запит на передачу даних ($t_{y_t^{\varphi_i}}$) до іншої підсистеми ($\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$) (підсистема $t_{y_t^{\varphi_i}}$ надсилає бродкаст-запит, а обслуговуючим маршрутизатором ϕ_j стає перший, хто відповів на запит).

Крок 2. Маршрутизатор ϕ_j надсилає підсистемі $t_{y_t^{\varphi_i}}$ запит про об'єм даних для передачі та $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$ – ідентифікатор підсистеми.

Крок 3. Маршрутизатору ϕ_j підсистема $t_{y_t^{\varphi_i}}$ надсилає необхідну інформацію

Крок 4. Маршрутизатор ϕ_j на підставі моделі функціонування комп'ютерної мережі проміжного зберігання даних запускає необхідний сценарій подальших дій. Якщо обсяг даних $S_{\text{ук}}$, що необхідно передати, набуває значення $S_{\text{ук}} \leq S'$, то виконується послідовність кроків 5.1-5....; якщо $S' \leq S_{\text{ук}} \leq S''$, то – кроки 6.1-6....; якщо $S_{\text{ук}} \geq S''$, то – кроки 7.1-7.2.

Крок 5. Виконується сценарій з застосуванням одного вузла мережі (рис. 2).

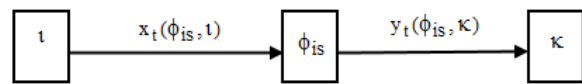


Рис. 2. Сценарій з одним вузлом

Крок 5.1. Формується матриця затримок (1):

$$\begin{pmatrix} \uparrow\downarrow & \varphi_{1s} & \varphi_{2s} & \dots & \varphi_{is} & t & \kappa \\ \varphi_{1s} & - & * & \dots & * & * & y_t(\varphi_{1s}, \kappa) \\ \varphi_{2s} & * & - & \dots & * & * & y_t(\varphi_{2s}, \kappa) \\ \dots & \dots & \dots & - & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_{is} & * & * & \dots & - & * & y_t(\varphi_{is}, \kappa) \\ t & x_t(\varphi_{1s}, t) & x_t(\varphi_{2s}, t) & \dots & x_t(\varphi_{is}, t) & - & * \\ \kappa & * & * & \dots & * & * & - \end{pmatrix}$$

Крок 5.2. Виконується пошук вузла, затримка передачі даних через який був би мінімальний (2):

$$x_t(\varphi_{is}, t) + y_t(\varphi_{is}, \kappa) + t_{\text{const}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де t_{const} – час проходження даних через вузол.

Крок 5.3. Виконується передача даних між підсистемами $t_{y_t^{\varphi_i}}$ та $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$ через вузол φ_{is}^{i+n} .

Перехід до кроку 8.

Крок 6. Виконується сценарій з застосуванням двох вузлів мережі. Вузли мережі будуть приймати значення: $t_{y_t^{\varphi_i}}$ та $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$ (рис. 3).



Рис. 3. Сценарій з двома вузлами

Крок 6.1. Формується матриця (1) та визначається квазіоптимальний маршрут передачі даних, описаний в роботі [6].

Крок 6.2. Виконується передача даних між підсистемами через вузли підсистеми $t_{y_t^{\varphi_i}}$ та вузол підсистеми $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$.

Перехід до кроку 8.

Крок 7. Виконується сценарій з застосуванням трьох і більше вузлів мережі. Вузли мережі будуть приймати наступні значення: вузол підсистеми $t_{y_t^{\varphi_i}}$ та вузол підсистеми $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$ та інші проміжні вузли

$$\varphi_{is}^{i+n} \varphi_{yt}^{i+n}$$

Крок 7.1. Формується матриця (1) та визначається квазіоптимальний маршрут передачі даних між підсистемами та вузлами та між самими вузлами, описаний в роботі [6].

Крок 7.2. Виконується передача даних між підсистемами через вузли підсистеми $t_{y_t^{\varphi_i}}$ та вузол підсистеми $\kappa_{x_t^{\varphi_i}}$ й інші проміжні вузли $\varphi_{is}^{i+n} \varphi_{yt}^{i+n}$.

Крок 8. Після передачі останньої порції даних, процес передачі завершується.

Експеримент. При експериментальному аналізі характеристик розробленого методу передачі даних з проміжним зберіганням як підсистеми, яка виступала в ролі джерела даних був використаний сервер зберігання даних наукових експериментів по обробці даних типу Big Data лабораторії спеціалізованих цифрових обчислювальних структур науково-навчального центру проблемно-орієнтованих обчислювальних засобів кафедри електронних обчислювальних машин Харківського національного університету радіоелектроніки, а в якості підсистеми отримання даних – центру обробки даних – обчислювальний центр Харківського національного економічного університету ім. Семена Кузнеця. У якості комп'ютерної мережі проміжного зберігання були використані комп'ютерні мережі лабораторій моделювання систем ХНУРЕ і обчислювального центру ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Експеримент проводився в лютому 2017 року. Для передачі експериментальних даних відповідно до розробленого алгоритму роботи підсистеми проміжного зберігання даних були використані шістьнадцять проміжних серверів зберігання даних, що представляють собою віртуальні машини на базі обчислювальної техніки лабораторій. На серверах була організована робота спеціалізованих програмних клієнтів, що реалізують роботу проміжних серверів зберігання даних і маршрутизаторів.

Передавалися дані різних обсягів в рамках заданих інтервалів. Після вибору оптимального маршруту передачі даних, джерело даних здійснювало мультипотоківу передачу даних об'ємом 1, 10 і 100 Гб. Результати експерименту були усереднені. Отриманий результат свідчить про скорочення часу передачі через комп'ютерну мережу проміжного зберігання до 20%.

Висновки

В результаті проведеної роботи був розроблений метод передачі даних в комп'ютерній мережі проміжного зберігання даних складної інформаційної системи та були виявлені такі його властивості:

- у разі відмови в обслуговуванні усіма проміжними серверами зберігання даних спеціалізова-

ної мережі, джерело даних передає дані безпосередньо в центр обробки даних;

- експериментально встановлено, що час передачі даних скоротився до 20% за рахунок раціонального використання мережі проміжного зберігання;

- розроблений метод забезпечує стійку передачу даних шляхом можливості використання однієї з сучасних прикладних технологій обміну даними (наприклад, FTP, хмарної, torrent), що значно перевершує можливості нині поширених методів передачі даних між джерелом і центром обробки даних.

У подальшій роботі варто звернути увагу на особливості функціонування системи при її масштабуванні.

Список літератури

1. Carl A. Sunshine *Computer Network Architectures and Protocols*. – Springer. – 558 p.
2. Tkachov V.M. *Automated Controllers Functioning Criteria in Content Distribution Systems* / V.M. Tkachov, V.E. Savanevych // *Scholars Journal of Engineering and Technology*, 2014; 2(3A):348-351.
3. Ахметшин, Д.А. *Математическое моделирование системы аппаратно-программного комплекса промежуточной сети передачи данных* / Д.А. Ахметшин, Е.А. Печень, Н.К. Нуриев // *Вестник КГТУ*. – 2014. №4. – С. 283-287.
4. Brandwine E. J., Hill P. J. *Providing virtual network functionality for managed computer networks: nam*. 8644188 USA. – 2014.
5. Hayes J. *Modeling and analysis of computer communications networks*. – Springer Science & Business Media, 2013. – 399 p.
6. Ткачев В.Н. *Использование метода передачи данных с промежуточным хранением при передаче результатов радиоастрономических наблюдений* / В.Н. Ткачев, А.М. Резниченко // *Научные записки УНИИС*. - К.: ГП "УНИИС", 2014. - Вып. 4 (32). - С.49-53.
7. C. A. R. Hoare. «An axiomatic basis for computer programming». *Communications of the ACM*, 12(10):576–580, 583 October 1969. DOI:10.1145/363235.363259

Надійшла до редколегії 15.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.О. Каргін, Український державний університет залізничного транспорту, Харків.

МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМЫ

В.Н. Ткачев

Рассмотрена проблема организации среды для передачи данных с минимальными задержками в сложных информационных системах и выделены решения по организации такой среды в виде компьютерной сети. Раскрыта суть функции промежуточного хранения данных в сети. Сделан анализ литературы и поставлена задача разработки метода передачи данных в специализированной компьютерной сети. Приведено краткое описание данной сети, разработаны алгоритмы функционирования ее узлов. Даны рекомендации по практическому применению и сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: передача данных, промежуточное хранение, сложная информационная система, метод.

METHOD OF DATA DISTRIBUTION IN INTERMEDIATE DATA STORAGE COMPUTER NETWORK OF COMPLEX INFORMATION SYSTEMS

V.M. Tkachov

The article deals with the problem of organization of the environment for data transmission with minimal delays in complex information systems and outlines solutions for organizing such a medium in the form of a computer network. The essence of the function of intermediate data storage in the network is disclosed. The analysis of the literature is made and the task of development of a method of data transmission in the specialized computer network is put. A torsion description of this network is given, algorithms for the function of its nodes are developed. Recommendations on practical application are given and corresponding conclusions are drawn.

Keywords: data transfer, intermediate storage, complex information system, method

УДК 004.6

О.М. Чаузов¹, В.Б. Кононов², Н.В. Лукова-Чуйко³¹ Інститут СЗЗІ НТУ України «КПІ» імені Ігоря Сікорського, Київ² Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСУ ОБРОБКИ ЗАПИТУ СИСТЕМ ШВИДКОГО РЕАГУВАННЯ

У статті розглядаються питання щодо особливостей інформаційно-обчислювальних мереж, що підтримують системи швидкого реагування. Обґрунтована необхідність розробки методики прогнозування часу обробки запиту та запропонована відповідна методика. Розглянута послідовність дій при прогнозуванні часу обробки запиту.

Ключові слова: прогноз, інформаційно-обчислювальна мережа, система швидкого реагування.

Вступ

Особливості інформаційно-обчислювальних мереж, що підтримують системи швидкого реагування. При обробці запитів систем швидкого реагування виникає низка особливостей, зокрема, необхідно мати більш розгалужену систему пріоритетів, а також прогнозувати час обробки запитів з метою можливого вивільнення ресурсів для прискорення проходження більш пріоритетних запитів.

Аналіз останніх досліджень. У ряді літературних джерел [1 – 7] описані різні підходи до прогнозування часу обробки запитів у інформаційно-обчислювальних мережах. Але у всіх цих роботах особливості мереж швидкого реагування або не враховуються, або враховуються не в повній мірі.

Мета статті – обґрунтувати та розробити методику прогнозування часу обробки у інформаційно-обчислювальних мережах запитів систем швидкого реагування.

Результати досліджень

1. Обґрунтування необхідності розробки методики прогнозування часу обробки запиту для систем швидкого реагування. В обчислювальному середовищі систем швидкого реагування (СШР) здійснюється перетворення вхідного потоку запитів у вихідний потік результатів таким чином, щоб максимально повно виконувалися вимоги користувачів. Управління інформаційно-обчислювальною мережею (ІОМ), що підтримує СШР, здійснюється з метою компенсації невизначеності, пов'язаної з нестаціонарним вхідним потоком запитів, невизначеністю складу ІОМ, зміною вимог СШР із часом. У загальному випадку в процесі проектування ІОМ виділяються такі етапи управління [5]:

- формулювання цілей управління;
- структурний синтез моделі об'єкта;
- параметричний синтез моделі об'єкта, котрий включає у своєму склад ідентифікацію об'єкта

та процес планування експерименту, що дозволяє з максимальною ефективністю визначити параметри моделі об'єкта управління;

- синтез управління;
- реалізацію управління.

Оскільки основною функцією ІОМ СШР є обробка запитів, що надходить від користувачів системи, то оперативне управління ІОМ збігається з управлінням процесом обробки запитів, що є, в свою чергу, цілеспрямованим процесом функціонування системи [2]. Процес обробки запитів у ІОМ має як загальні, так і операційні властивості.

До операційних властивостей відносять такі: результативність, ресурсоемність та оперативність.

Загальними є такі властивості: масштабність, тривалість, стійкість до зовнішніх впливів.

Результати обробки запитів визначаються такими показниками, як об'єм і якість (точність, вірогідність, інформативність, змістовність, повнота, своєчасність) цільового ефекту, а також витратою операційних ресурсів.

У процесі обробки потоку запитів витрачаються такі ресурси:

- часовий (час знаходження запиту у ІОМ);
- структурний (обчислювальний і інший види ресурсів);
- технологічний (програми обробки запитів і управління);
- інформаційний;
- управлінський.

Користувач ІОМ визначає вимоги до результатів обробки запиту. Для СШР характерно, що значення показника цільового ефекту визначається програмою-оброблювачем і при заданих умовах є постійним.

Управління процесами обробки запитів спрямовано на забезпечення якості цільового ефекту. Особливу роль при цьому грає сумарна корисність результату для виконання завдання СШР, що можна представити у вигляді узагальненого показника ре-

зультативності обробки запиту, як залежність корисності виконання запиту від часу [8].

Управління в процесі функціонування ІОМ визначається схемою реалізації інформаційної технології часу [9], що представлена на рис. 1.

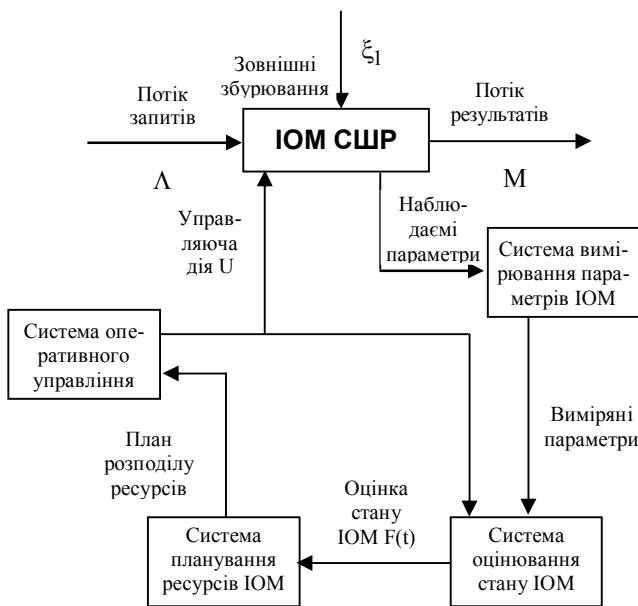


Рис. 1. Управління процесом розподілу ресурсів в ІОМ

При управлінні ІОМ передбачається, що на вхід надходить потік запитів Λ , а на виході є потік результатів M . При цьому є зовнішні збурювання ξ_1 , пов'язані із процесом функціонування ІОМ. Система виміру, використовуючи вимірювальні монітори, визначає значення спостережуваних параметрів ІОМ W . Виміряні за визначеними алгоритмами значення параметрів W надходять в систему оцінювання стану. У системі оцінювання використовується отримана на етапі ідентифікації ІОМ, модель F , що має кілька станів.

На основі отриманих значень параметрів, визначається стан моделі $F(t)$ в заданий період часу, що відповідає передбачуваному стану ІОМ. Отримані оцінки вектора станів V передаються в систему оперативного управління ІОМ. У системі оперативного управління розробляється план обробки запитів від користувача ІОМ, або корекція такого плану, а також план розподілу ресурсів ІОМ.

З аналізу рис. 1 видно, що схема управління розподілом ресурсів ІОМ СШР у процесі функціонування визначає п'ять етапів управління [2]:

- вимір (моніторинг);
- оцінювання поточного стану;
- визначення необхідного стану ІОМ;
- вироблення управляючого впливу;
- реалізація впливу.

Необхідний стан ІОМ змінюється із часом, оскільки система повинна максимізувати цільовий

ефект для потоку запитів, що визначає необхідність корекції стану. Оскільки всі використані на обробку запитів і управління ресурси є пасивними, то доцільним буде їх повне використання, внаслідок чого ефективність процесу обробки запитів визначається результативністю, або обсягом і якістю цільового ефекту. Оцінювання ефективності процесу обробки запитів полягає у визначенні ступеня відповідності показників обробки потоку запитів вимогам користувачів СШР [2].

Більше ефективним управління буде таке, що забезпечить меншу відмінність результатів обробки запитів в ІОМ СШР та вимог користувачів щодо обробки цих запитів і дозволить досягати цілей застосування АСУ, знаходження якого є актуальним завданням для ІОМ СШР.

Розглянемо аналіз існуючих методів планування розподілу ресурсів в ІОМ СШР.

Важливим етапом управління планування процесів обробки запитів, у рамках якого складається план розподілу ресурсів ІОМ СШР між запитами максимально задовольняючим показникам обробки інформації.

Загальна схема планування розподілу ресурсів ІОМ СШР представлена на рис. 2.

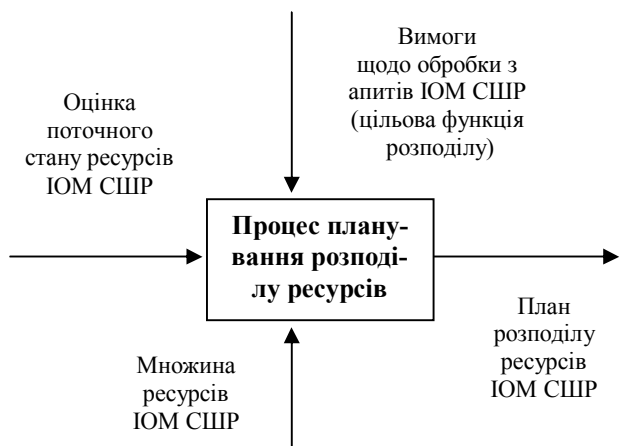


Рис. 2. Схема процесу планування розподілу ресурсів в ІОМ

Як видно з рис. 1, 2 процес планування реалізується системою планування, на вхід якої надходить оцінка поточного стану ресурсів ІОМ. Система планування розподіляє доступні ресурси між запитами, що перебувають у системі, відповідно до вимог користувачів до якості результатів обробки запитів (цільової функції розподілу).

На виході системи планування формується план розподілу ресурсів між запитами користувачів – план розподілених обчислень. У процесі планування використовуються ресурси з набору доступних до використання [6].

Система планування у ІОМ має ієрархічну організацію та містить чотири рівні:

- користувача;
- метапланування ІОМ;
- групи обчислювальних вузлів;
- обчислювального вузла,

що відрізняються цілями, вимогами, ресурсами, архітектурою та математичними методами оптимізації і адаптації, що використовуються.

Підвищення результативності обробки потоку запитів у ІОМ вимагає вибору архітектури системи планування, що реалізує алгоритм розподілу запитів між обчислювальними вузлами. Розмаїтість архітек-

тури систем планування невелике, на відміну від розмаїтості алгоритмів, що застосовуються при плануванні.

Це приводить до необхідності аналізу методів і алгоритмів планування розподілу ресурсів в ІОМ СШР, зокрема до розробки методики прогнозування часу обробки запиту.

2. Схема методики прогнозування часу обробки запиту. Прогнозування часу обробки запиту пропонується здійснювати за допомогою методики, узагальнена схема якої представлена на рис. 3.

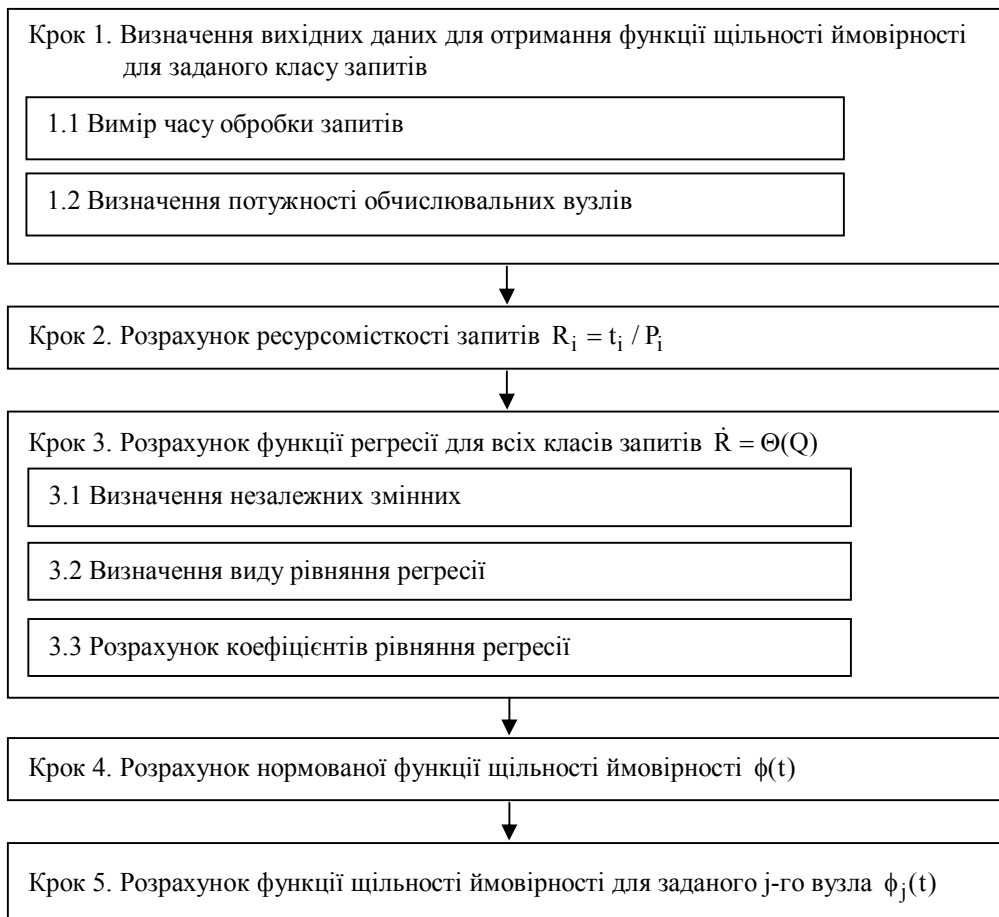


Рис. 3. Послідовність дій при прогнозуванні часу обробки запиту

На першому кроці формують вибірку запитів із вхідного потоку. Для кожного запиту з вибірки вимірюють час обробки запиту t . Для всіх обчислювальних вузлів ІОМ СШР з використанням систем тестування визначають продуктивність P .

На другому кроці розраховують обчислювальну ресурсомісткість запитів R як відношення t та P для всіх запитів з вибірки.

На третьому кроці вибірку запитів розбивають на кілька класів методами кластеризації з використанням методу k -середніх.

Виділення класів запитів $C1: Q \in C1$, що вимагають однакових ресурсів, дозволяє підвищити точність прогнозування часу обробки й спростує планування.

На четвертому кроці для кожного класу запитів визначають функцію прогнозування ресурсомісткості з використанням модифікованого алгоритму регресійного аналізу, що полягає у використанні декількох рівнянь регресії.

Обчислювальна ресурсомісткість запиту є функцією від його властивостей:

$$R = g(Q) . \tag{1}$$

Вигляд функції g визначається алгоритмом обробки даних. Функція прогнозування g може відноситися до класу поліноміальних функцій [2].

Вид функції прогнозування пропонується визначати шляхом аналізу алгоритму обробки даних, а при його відсутності шляхом аналізу значимості

відповідних рівнянь регресії. В обчислювальних системах найбільше поширення одержали запити, ресурсомісткість яких лінійно залежить від об'єму вихідних даних.

Функція прогнозування ресурсомісткості v на основі лінійного рівняння регресії має такий вигляд:

$$\hat{R} = g(l) = k \cdot l + b, \quad (2)$$

де k , b - коефіцієнти рівняння регресії.

Оскільки для запитів характерна зміна значень об'єму вхідних даних у широкому діапазоні пропонується прогнозувати ресурсомісткість на основі декількох рівнянь регресії на різних інтервалах діапазону зміни об'єму даних запиту [2].

Функція прогнозування ресурсомісткості запиту (2) приймає такий вигляд:

$$\hat{R} = \begin{cases} g_1(l), l > z_1; \\ \dots \\ g_n(l), l \leq z_n; \end{cases} = \begin{cases} k_1 \cdot l + b_1, l > z_1; \\ \dots \\ k_n \cdot l + b_n, l \leq z_n, \end{cases} \quad (3)$$

де n - кількість інтервалів, z_1, \dots, z_n - значення границь інтервалів.

Для знаходження коефіцієнтів функції прогнозування використовуються методи, які мінімізують середньоквадратичну помилку [6].

На н'ятому кроці прогнозують ресурсомісткість запиту з використанням функції прогнозування (3). З використанням значень продуктивності обчислювальних вузлів P і прогнозу ресурсомісткості для кожного обчислювального вузла розраховують час обробки запиту та помилку прогнозування.

Висновки

Розглянуті особливості інформаційно-обчислювальних мереж, що підтримують системи швидкого реагування.

Обґрунтовано необхідність розробки методики прогнозування часу обробки запиту та запропонована відповідна методика. Наведена послідовність дій при прогнозуванні часу обробки запиту.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний із розробкою алгоритму реалізації методики.

Список літератури

1. Baki, A.K.M. Continuous monitoring of smart grid devices through multi protocol label switching [Text] / A.K.M. Baki // *IEEE Transactions on Smart Grid*. – 2014. – Vol. 5, №. 3. – P. 12.10-12.15.
2. Кучук, Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення [Текст] / Г.А. Кучук. – Х.: ХУ ПС, 2013. – 264 с.
3. Кучук, Г.А. Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України [Текст] / Г.А. Кучук, О.П. Давікоза // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2013. – № 3. – С. 154-158.
4. Schramm, C. Application-oriented network modeling with mobile agents [Text] / C. Schramm, A. Bieszczad, B. Pagurek // *Network Operations and Management Symposium, NOMS 98., IEEE. – IEEE, 1998. – Vol. 2. – P. 696-700.*
5. Gentsch, W. Sun Grid Engine: towards creating a compute power grid [Text] / W. Gentsch // *Cluster Computing and the Grid, 2011. Proceedings. First IEEE/ACM International Symposium on. USA, 2011. – P. 35-36.*
1. Кучук Г.А. Метод оценок характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // *Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте*, – 2003. – № 6. – С. 44-48.
6. Кучук, Г.А. Управление трафиком мультисервисной распределенной телекоммуникационной сети / Г.А. Кучук // *Системы управления, навигации та зв'язку*. – 2007. – Вип 2. – С. 18-27.
7. Чаузов О.М. Математична модель розподілу інформаційного ресурсу між транзакціями до сховищ даних / О.М. Чаузов // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2015. – Вип 4. – С. 100-102.
8. Субач І.Ю. Моделі розподілу інформаційного ресурсу в асу спеціального призначення [Текст] / І.Ю. Субач, О.М. Чаузов, Н.Г. Кучук // *Information technology and security*. – К., 2016. – Т.4, № 1. – С. 75-84.
9. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений [Текст] / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Лань, 2001. – 384 с.

Надійшла до редколегії 21.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСА СИСТЕМ БЫСТРОГО РЕАГИРОВАНИЯ

А.Н. Чаузов, В.Б. Кононов, Н.В. Лукова-Чуйко

В статье рассматриваются вопросы особенностей информационно-вычислительных сетей, поддерживающих системы быстрого реагирования. Обоснована необходимость разработки методики прогнозирования времени обработки запроса и предложена соответствующая методика. Рассмотрена последовательность действий при прогнозировании времени обработки запроса.

Ключевые слова: прогноз, информационно-вычислительная сеть, система быстрого реагирования.

METHODOLOGY FOR PREDICTING THE TIME OF REQUEST PROCESSING OF QUICK RESPONSE SYSTEMS

O.N. Chauzov, V.B. Kononov, N.V. Lukova-Chuyko

The article deals with the features of information and computer networks supporting rapid response systems. The rationale for the development of a methodology for predicting the processing time of a request and a corresponding methodology has been proposed. The sequence of actions for forecasting the processing time of the request is considered.

Keywords: forecast, information and computer network, rapid reaction system.

УДК 004.8

Д.Ю. Яцина

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КОНВЕРТАЦІЇ ГОЛОСУ

Система конвертації голосу формулює функцію конвертації специфічних характеристик початкового голосу до відповідних характеристик цільового голосу. В цій статті використовуються такі характеристики голосу: форма вокального тракту, форма збуджувального сигналу (імпульс голосової щілини) та просодичні характеристики (енергія, висота тону). Проведено порівняння функцій конвертації реалізованих за допомогою нейронної мережі радіально-базисних функцій та нейронної мережі загальної регресії. Реалізовано новий метод виявлення аномальних значень в наборі даних.

Ключові слова: вокодер з лінійним предикатом, пакетне вейвлет-перетворення, нейронна мережа радіально-базисних функцій та нейронна мережа загальної регресії, метод головних компонент.

Вступ

Задача зміни голосу полягає у зміні акустичних параметрів фрази одного оратора (початкового) таким чином, щоб ця фраза сприймалася вимовленою голосом іншого оратора (цільового). Мета нашого дослідження - модифікація індивідуальних та просодичних характеристик початкового голосу до цільового за допомогою нейронних мереж та порівняння найбільш відповідних архітектур.

Сфера застосування даної технології зміни голосу дуже обширна. Починаючи від сфер мистецтва та розваг до безпеки інформаційних систем, а саме: дубляж фільмів, персоніфікація тексту в фразу, караоке додатки, зміна ідентичності голосу з метою приватності та безпеки, системи корекції мовлення пацієнтів з хворобами голосового апарату, синтез вокальних даних на студіях звукозапису. Конвертація голосу може бути застосована до будь-якої задачі де є записане мовлення і потрібно ефективно створити бажану різноманітність голосів без додаткового запису різних вокалістів. Модифікація голосу важлива для проєктів інтерпретивної телефонії, в яких іноземці розмовляють різними мовами, а система перекладає їх фрази і синтезує з відповідними голосовими характеристиками. Таким чином можливо почути як іноземець буде розмовляти іншою мовою. Всі ці сфери потребують покращення у якості конвертації голосу, бо ще не досягнута задовільна якість для всезагального застосування даної технології. Нейронні мережі показали високі результати в сферах розпізнавання мовлення [7], тому дослідження зміни голосу за допомогою нейронних мереж актуально.

Задача конвертації голосу достатньо комплексна, велика та багатокомпонентна. Велика кількість різноманітних рішень вже була запропонована. Будь-яка реалізація базується на аналізі записаних звукових даних, де система зміни голосу обчислює характеристики фраз початкового і цільового оратора та формулює функцію конвертації для модифіка-

ції характеристик фрази початкового оратора таким чином, щоб ресинтезована фраза звучала ніби вимовленою цільовим оратором.

Записані дані початкового і цільового оратора бувають двох видів:

- 1) паралельні (набір фраз, кожна з яких вимовляє і початковий, і цільовий оратори);
- 2) непаралельні (присутні різні фрази початкового оратора і фрази цільового оратора).

Загалом усі методи можливо розподілити на моделюючі та мутаційні [8]. Моделюючі методи конвертують характеристики початкового голосу для кожного короткого сегменту фрази за допомогою завчасно підготовленої функції конвертації, моделюючи характеристики сегментів цільового голосу, які описуються низькою розмірністю. Мутаційні методи конвертують характеристики цілої фрази, тому розмірність цих характеристик дуже велика.

Для конвертації голосу використовуються різноманітні специфічні характеристики оратора, такі як форма вокального тракту, форма збуджувального сигналу і просодичні характеристики. Для опису вокального тракту і збуджувального сигналу використовуються різноманітні вокодери [1]: LPC вокодер, вокодер формант, MFCC вокодер, HNM вокодер та STRAIGHT вокодер. На сьогодні найбільш успішні функції конвертації вокальних трактів реалізовані за допомогою моделей гаусових сумішей (GMM)[3], прихованої марковської моделі (HMM). Але надмірне згладжування параметрів обмежує корисність використання цих підходів і голос звучить надто роботизовано. Існуючі методи конвертації голосу використовують паралельні набори даних і синхронізують фрази ораторів у часі за допомогою алгоритму динамічної трансформації часової шкали[9], який працює із похибками, що погіршують якість зміни голосу.

Наше дослідження присвячене застосуванню нейронних мереж, які спроможні на нелінійні перетворення параметрів, для конвертації голосу з паралельними даними. Ми спробували наступні архітектури

нейронних мереж: нейронна мережа радіально-базисних функцій (RBFNN) та нейронна мережа загальної регресії (GRNN). Для аналізу/синтезу мовлення ми використали математичну модель голосового тракту кодування з лінійним предиктором (LPC вокодер) [4], яка обчислює два параметри звукового голосового сегменту: форму вокального тракту та форму збуджувального сигналу. Для зменшення розмірності збуджувального сигналу ми застосували дискретне вейвлет-перетворення (DWT) та пакетне вейвлет-перетворення (WPT), порівнявши їх [5]. Ми виконали кластеризацію звуків на голосні та приголосні, що дало покращення в моделюванні збуджувального сигналу. Для покращення якості ми також виявили аномальні сегменти в паралельному наборі даних за допомогою методу головних компонент (ROBPCA) [6].

Запропонована система конвертації голосу

Стисло і спрощено роботу нашої системи можна описати так: фраза початкового оратора розділяється на короткі сегменти, потім кожен сегмент конвертується і набуває індивідуальних та просодичних характеристик цільового оратора, а наприкінці усі конвертовані сегменти склеюються та отримується конвертована фраза. Кожен сегмент по суті описує не слово, не букву, а найелементарнішу неподільну одиницю мовлення – звук. Насправді ж, система зміни голосу має багато комплексних та складних деталей.

Паралельний набір даних. Паралельний набір записаних фраз початкового і цільового оратора – це головне, що ми аналізуємо для побудови правил конвертації голосу. Ми досліджували CMU Arctic dataset [10], який містить близько 1132 фраз записаних 4-ма ораторами: 2 чоловіками та 2 жінками. Будь-який набір даних потрібно обробити перед використанням. Як зазначено в [11] тиша, яка виникає в паузах між словами зайва для побудови функції конвертації, тому ми знаходимо ділянки тиші за допомогою алгоритму виявлення голосової активності (VAD) і видаляємо їх із набору даних. Усі фрази також нормалізуються до одного рівня гучності в діапазоні (-1,1).

Далі розділяємо всі фрази на звукові сегменти довжиною в 30 мс та кроком 15 мс (тобто кожен наступний сегмент охоплює половину попереднього).

Внаслідок цього фраза початкового і цільового оратора буде містити різну кількість сегментів, бо записані фрази цих ораторів мають різну тривалість, адже кожна людина вимовляє звуки з різною швидкістю. Таким чином синхронізація сегментів початкового і цільового оратора у часі необхідна для їх порівняння. Синхронізація та вимірювання у часі виконується за допомогою алгоритму динамічної трансформації часової шкали (DTW) [9] і кожен сегмент описується Мел-кепстральними коефіцієнтами (MFCC). Після цього процесу першому звуково-

му сегменту початкового оратора (наприклад звук “а”) буду відповідати перший такий же звуковий сегмент (звук “а”) цільового оратора. На рисунку зображено вирівнювання сегментів у часі, а червона лінія показує відповідність початкових сегментів до цільових (рис. 1). Також зображені звукові хвилі фрази до та після синхронізації (рис. 2 і 3).

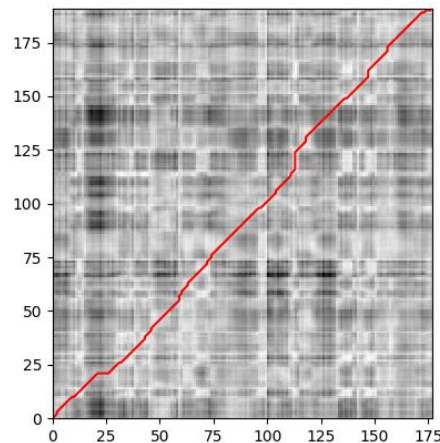


Рис. 1. Синхронізація сегментів початкового вокаліста та сегментів цільового вокаліста

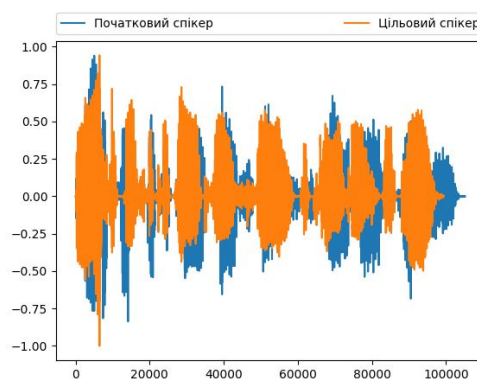


Рис. 2. Звукові хвилі фрази початкового та цільового оратора до синхронізації

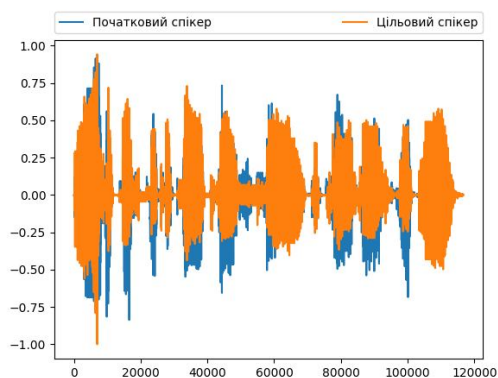


Рис. 3. Звукові хвилі фрази початкового та цільового оратора після синхронізації

Видалення аномальних паралельних сегментів у наборі даних. Оскільки алгоритм динамічної трансформації часової шкали працює з похибками для синхронізації паралельних фраз, то створюються окремі не відповідні сегменти, наприклад звуку “с”

початкового оратора буде відповідати звук “п” цільового оратора. В такому випадку функція конвертації буде навчатись виконувати не правильні прогнозування і такі паралельні сегменти будуть критичними для побудови якісної системи зміни голосу. Очевидно, що кількість таких випадків має бути зменшена до мінімуму.

Ми застосували відстань Махаланобіса для знаходження аномальних сегментів:

$$D_x = \sqrt{(x_i - \mu)^T \cdot C^{-1} \cdot (x_i - \mu)}, \quad (1)$$

де x_i – об’єднаний паралельний сегмент початкового і цільового оратора, C – коваріаційна матриця.

Оскільки розмірність набору даних достатньо велика обчислення відстані Махаланобіса для кожного сегменту потребує потужних ресурсів, тому для зменшення розмірності даних ми застосовуємо метод головних компонент (ROBPCA) [6], який враховує ефект аномальних даних. Наприкінці всі відстані сегментів, які перевищують граничне значення

$\sqrt{\left(\chi^2\right)_{k;0,975}}$ (де k — розмірність даних) визначаються аномальними і видаляються із тренувального набору даних.

Вибір характеристик. Після обробки набору даних кожен сегмент представляє звукову хвилю. Маємо перейти від звукової хвилі до специфічних характеристик. Для аналізу/синтезу звукових хвиль обрано вокодер кодування з лінійним предиктором (LPC вокодер) 16-го порядку. Протягом процесу аналізу із звукової хвилі отримуємо форму вокального тракту та форму збуджувального сигналу і навпаки протягом процесу синтезу із цих 2-х характеристик отримуємо звукову хвилю [12]. Форма вокального тракту описується 16-ма коефіцієнтами α_k . Щоб отримати збуджувальний сигнал потрібно пропустити звукову хвилю через фільтр:

$$1 + \sum_{\alpha=1}^{\text{order}} \alpha_k \cdot z^{-k}. \quad (2)$$

А щоб синтезувати звукову хвилю потрібно збуджувальний сигнал пропустити через інверсний фільтр:

$$1 / \left(1 + \sum_{\alpha=1}^{\text{order}} \alpha_k \cdot z^{-k} \right). \quad (3)$$

Для стабільності модифікації форми вокального тракту, LPC коефіцієнти конвертуються в LSF коефіцієнти [6]. Збуджувальний сигнал має довжину всього сегменту (розмірність=480), але такий розмір сигналу достатньо комплексний та потребує багато часу для розробки функції конвертації. Для зменшення його розмірності використовується вейвлет-перетворення. Дискретне перетворення втрачає ефективність у випадку коли фраза містить шуми [2]. Проте пакетне вейвлет-перетворення стійке до шумового середовища. Ми обрали 4-х рівневе пакетне Вейвлет-перетворення, яке розкладає весь збуджува-

льний сигнал на 16 коротких смуг (розмірність кожної = 480/16=30), які описують збуджувальний сигнал в 16 різних частотних діапазонах. Щоб отримати збуджувальний сигнал знову, ми виконуємо інверсне пакетне вейвлетне-перетворення 16 коротких смуг.

Ми врахували іще один момент, який проявляється у природі збуджувального сигналу. Мовлення складається із суміші голосних та приголосних звуків, а спостереження показали, що форма збуджувального сигналу для більшості приголосних звуків (с, ш, з і т.д.) має стохастичний вигляд, а для голосних (а, о, у і т.д.) - періодичний вигляд [12]. Таким чином конвертувати збуджувальний сигнал для деяких приголосних сегментів не потрібно, бо такий сигнал простіше змодельовати стохастично, а голосні сегменти ми конвертуємо. Тому класифікували кожен сегмент у наборі даних по даному критерію за допомогою нового методу кластеризації спектральних та часових характеристик звукових сегментів [17].

Також для кожного сегмента звуку обчислюємо енергію звукової хвилі та висоту тона (фундаментальна частота), що знадобиться нам для зміни просодичних характеристик.

Функції конвертації характеристик. Кожен сегмент описується вокальним трактом та 16-ма короткими смугами збуджувального сигналу. В сумі для побудови системи треба побудувати 17 функцій конвертації. Система зміни голосу отримується в два етапи: тренування і тестування. Весь набір даних розділяється на два: тренувальний та тестувальний. Протягом тренування ми навчаємо функції конвертації прогнозувати характеристики цільового сигналу із характеристик початкового сигналу. Тобто почергово асоціюємо характеристики сегменту початкового оратора з характеристиками відповідного сегменту цільового оратора. Протягом етапу тестування ми трансформуємо сегменти початкового оратора через отримані функції конвертації та оцінюємо якість, порівнюючи характеристики конвертованих сегментів з бажаними. Оскільки перетворення характеристик не є лінійним, нейронні мережі повинні показати свою ефективність в реалізації функцій конвертації. Ми дослідили наступні архітектури нейронних мереж: Нейронна мережа радіально-базисних функцій (RBFNN) та нейронна мережа загальної регресії (GRNN). Нейронна мережа радіально-базисних функцій – це спеціальний вид нейронної мережі прямого поширення (Feed forward neural network), яка асоціює вхідний простір нелінійно в схований простір, а потім схований простір лінійно асоціює в вихідний простір. Дана нейронна мережа складається з трьох шарів з m вхідними вузлами, p схованими вузлами та з одним чи багатьма вихідними вузлами [13, 14]. Для нашої задачі кількість вихідних вузлів така сама як і кількість вхідних. Нейронна мережа загальної регресії має особливу властивість, що вона не потребує процесу ітера-

тивного тренування для оптимізації параметрів, тому що використана гаусова функція активації слугує обчислювачем необхідних параметрів, а ми тільки вказуємо її центр θ та ширина σ . Ця нейронна мережа складається з трьох шарів з m вхідними вузлами, p схованими вузлами та m вихідними вузлами [15].

Експериментальні результати

Запропонована система зміни голосу складається з багатьох компонентів. Всі компоненти були реалізовані на мові програмування Python, а нейронні мережі були спроектовані за допомогою модуля Tensor Flow. Прослухати приклади конвертованих фраз можливо за посиланням [16].

Для побудови системи конвертації голосу потрібно мінімально 40 паралельних фраз. Тому ми використовували лише частину фраз із набору даних.

Основна оптимізація системи зосереджена на параметрах нейронних мережах. Загалом процес конвертації полягає у побудові 17 нейронних мереж: одна – для конвертації вокальних трактів, а інші 16 – для конвертування 16 смуг декомпозиції збуджувального сигналу. Для радіально-базисної нейронної мережі ми оптимізували розмір схованого шару та параметр ширини σ , а для загальної регресії лише параметр ширини σ на проміжку значень.

Для обчислення похибки використовується наступна функція:

$$E_{\text{тг}} = \sum_n \sum_q \left(y_q \left(x^{(n)} \right) - t_{(q)}^{(n)} \right)^2,$$

де $\left(x^{(n)}, t^{(n)} \right)$ - набір даних, $t_{(q)}^{(n)}$ - бажане значення q вузла, коли на вході до мережі вектор $x^{(n)}$.

Опираючись на чисельні експерименти, ми вирішили застосовувати радіально-базисну нейронну мережу для прогнозування форми вокальних трактів, а нейронну мережу загальної регресії для моделювання збуджувального сигналу.

Кількість вузлів у схованому шарі радіально-базисної нейронної мережі, а саме кількість кластерів вхідного набору була визначена в 80 кластерів. А оптимальний параметр ширини σ обирався на проміжку (0.01, 2.5). Мінімальна похибка отримувалася при параметрі ширини $\sigma = 0.51$. (рис. 4).

Нейронна мережа загальної регресії показала переваги в прогнозуванні смуги декомпозиції збуджувального сигналу завдяки можливості узагальнення та усереднення найбільш імовірних виходів. Оскільки для кожного звукового сегменту ми маємо 16 смуг збуджувального сигналу, то ми оптимізуємо 16 нейронних мереж загальної регресії, в сховані шари яких ми кладемо всі відповідні смуги тренувального набору даних і підбираємо експериментальне значення ширини σ для кожної нейронної мережі.

Приклад оптимізації для першої смуги збуджувального сигналу зображено на рис. 5.

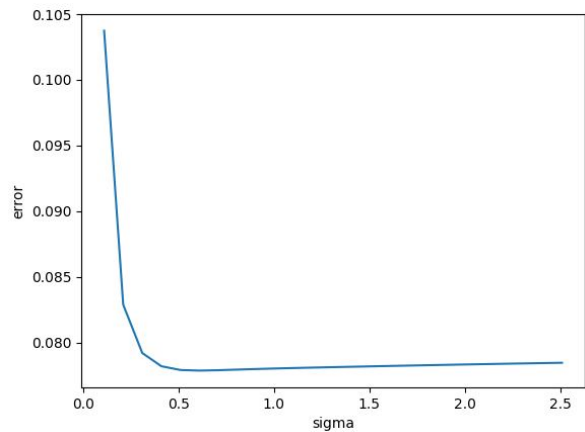


Рис. 4. Оптимізація параметру ширини нейронної мережі радіально-базисних функцій для конвертації вокальних трактів

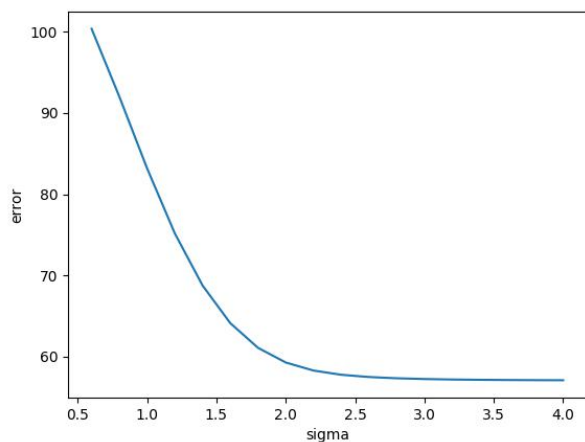


Рис. 5. Оптимізація параметру ширини нейронної мережі загальної регресії для конвертації першої смуги збуджувального сигналу

Для того щоб отримати конвертовані фрази ми для кожного сегменту тестового набору даних виконуємо:

- збір всіх 16 конвертованих смуг збуджувального сигналу та виконуємо інверсне пакетне вейвлет перетворення щоб отримати цілий збуджувальний сигнал

- синтезуємо звукову хвилю за допомогою конвертованої форми вокального тракту та конвертованого збуджувального сигналу

- змінюємо просодичні характеристики кожного конвертованого сегменту: модифікуємо енергію відповідно до сегменту початкового оратора та змінюємо висоту тону, щоб середня висота тону конвертованої фрази відповідала середній висоті тону початкової фрази. Наостанок з'єднуємо всі конвертовані сегменти та отримуємо конвертовані фрази.

Висновки

Ми побудували систему зміни голосу за допомогою нейронних мереж, а також реалізували новітні модифікації в загальній побудові систем синтезу мовлення. Експерименти показали, що для конвер-

тації вокальних трактів найменша похибка була отримана за допомогою нейронної мережі радіально-базисних функцій, а для збуджувального сигналу – за допомогою нейронної мережі загальної регресії. Видалення аномальних сегментів в паралельному наборі даних також покращило якість конвертації голосу. В подальших планах хочемо розробити компонент, який згладжує з'єднання звукові сегменти, тому що в областях з'єднання сегментів інколи виникають стрибки сигналу, внаслідок цього виникають зайві шуми та похибки.

Також плануємо замінити класичний етап вибору характеристик звукових сегментів на глибинне навчання, що дозволить отримати абстрактне представлення характеристик, які легше обробляти, конвертувати та прогнозувати.

Запропонований спосіб реалізації потребує підготовчих етапів, таких як запис паралельних даних, що ускладнює процес отримання робочої системи. Надалі будемо реалізовувати систему конвертації голосу, яка не потребує паралельних даних. В такому випадку для отримання системи потрібні будь-які фрази цільового оратора і будь-які фрази початкового оратора. Зараз активно з'являються нові вокодері для аналізу/синтезу мовлення, які потребують дослідження. В реальних ситуаціях рідко зустрічаються записи мовлення ораторів без зайвих шумів, тому дослідження з метою отримання вокодерів стійких до шумового середовища актуально. Шляхів покращення роботи системи конвертації голосу дуже багато, всі вони потребують ґрунтовного дослідження.

Список літератури

1. A.N. Chadha, *A comparative performance of various speech analysis-synthesis techniques* / A.N. Chadha, J.H. Nirmal, P. Kachare // *Int. J. Signal Process. Syst.* 2 (1) (2014) 17–22.
2. J. Nirmal, *Voice conversion using General Regression Neural Network*, *Applied Soft Computing* / J. Nirmal, M. Zaveri, S. Patnaik, P. Kachare. 2014.
3. W. Kain *Spectral voice conversion for text-to-speech synthesis* / W. Kain, M. Macon // *In: Proceeding of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 1, IEEE, 1998, pp. 285–288.
4. K.S. Rao, *Voice conversion by mapping the speaker-specific features using pitch synchronous approach* / K.S. Rao // *Comput. Speech Lang.* 24 (3) (2010). 474–494.
5. S. Desai *Spectral mapping using artificial neural networks for voice conversion* / S. Desai, A.W. Black, B. Yegnanarayana, K. Prahallad // *IEEE Trans. Audio Speech Lang. Process.* 18 (5) (2010) 954–964.
6. Sushant V. Rao *Novel Pre-processing using Outlier Removal in Voice Conversion* / Sushant V. Rao, Nirmesh J. Shah, Hemant A. Patil, 2016.
7. S.H. Mohammadi, *Voice Conversion Using Deep Neural Networks With Speaker-Independent Pre-training* / S.H. Mohammadi, A. Kain, 2014.
8. S.H. Mohammadi *Transmutative Voice Conversion* / S.H. Mohammadi, A. Kain 2013.
9. Holmes, J.N. *Speech synthesis and recognition* / John Holmes and Wendy Holmes.—2nd ed, 2001.
10. Набір голосових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: festvox.org/cmu_arctic.
11. E. Helander. *On the impact of alignment on voice conversion performance* / E. Helander, H Silén, M Gabbouj, 2008.
12. T.H. Park *Introduction To Digital Signal Processing* / T.H. Park, 2010.
13. S. Haykin *Neural networks and learning machines* / Simon Haykin. – 3rd ed.
14. M. Bishop *Neural Networks for Pattern Recognition* / M. Bishop. 1995.
15. A. Amrouche. *Efficient System for Speech Recognition using General Regression Neural Network* / A. Amrouche, J.M. Rouvaen, 2008.
16. Приклади конвертації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://drive.google.com/open?id=0BwP19oq-ytjEZVh0V19jOEpnaGM>.
17. S. Mondal. *Clustering based voiced-unvoiced-silence detection in speech using temporal and spectral parameters* / S. Mondal, A. D. Barman, 2015.

Надійшла до редколегії 16.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ КОНВЕРТАЦИИ ГОЛОСА

Д.Ю. Яцина

Система конвертации голоса формулирует функцию конвертации специфических характеристик начального голоса к соответственным характеристикам целевого голоса. В статье используются такие характеристики голоса: форма вокального тракта, форма возбуждательного сигнала и просодические характеристики (энергия, высота тона). Проведено сравнение функций конвертации реализованных с помощью нейронной сети радиально-базисных функций и нейронной сети общей регрессии. Реализовано новый метод обнаружения аномальных значений в наборе данных.

Ключевые слова: вокодер с линейным предикатом, пакетное вейвлет-преобразование, нейронная сеть радиально-базисных функций и нейронной сети общей регрессии, метод главных компонент.

NEURAL NETWORKS FOR VOICE CONVERSION SYSTEM DESIGN

D.Yu. Yatsyna

Voice conversion system formulates conversion function, which can transform specific parameters of source speaker to target speaker. In this paper we used voice parameters: shape of the vocal tract, shape of excitation signal (glottal pulse) and prosodic features (energy, pitch). We compare Radial Basis Function Neural Network and General Regression Neural Network for parameters conversion. We implement new method for outlier detection in dataset.

Keywords: LPC-vocoder, Wavelet Packet Transform, RBF Neural Network, General Regression Neural Network, Robust Principal Component Analysis.

Зв'язок

УДК 519.654:621.391.82

М.М. Гонтар, А.М. Сільвестров, Д.М. Нелюба

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

АНАЛІЗ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ПРИ ЗАШУМЛЕНостІ СИГНАЛІВ

Беручи метод найменших квадратів (МНК) як базовий при обробці зашумлених сигналів розглядаємо вплив співвідношення сигнал-шум на зміщення оцінок реальних даних. Також було розглянуто узагальнений метод найменших квадратів (УМНК) для зважених (відфільтрованих) даних. Показано, що для кожних конкретних випадків існує оптимальне значення згладжуючого ефекту фільтра, за якого норма зміщення буде мінімальною. Отримано, що чим далі рознесені спектри сигналу і перешкоди, тим краще оцінки квазіоптимального УМНК.

Ключові слова: метод найменших квадратів, зміщення оцінок, згладжуючий фільтр.

Вступ

Природа перешкод полягає в випадковій зміні параметрів каналу передачі [1]. При передачі сигнал піддається спотворенням внаслідок того, що коефіцієнт передачі каналу не є постійним числом; властивості каналу описуються частотними або часовими характеристиками, що визначають так звані лінійні спотворення. Крім того, канал може вносити і нелінійні спотворення, обумовлені нелінійністю тих чи інших ланок каналу.

Як лінійні, так і нелінійні спотворення обумовлені відомими характеристиками каналу, а тому, принаймні, можуть бути усунені шляхом належної корекції. Тому спотворення слід чітко відокремити від дії перешкоди випадкового характеру, яка заздалегідь не може бути відома.

Якщо ж коефіцієнт передачі каналу зазнає випадкової зміни, то вплив цих змін слід вже розглядати як дію випадкової перешкоди, яка і є мультиплікованою перешкодою.

Постановка задачі

Практична постановка задачі містить в собі суттєву долю невизначеності статистичних властивостей перешкод у вимірах як вхідних X , так і вихідних Y даних про об'єкт, що досліджується, модель якого може бути представлено як

$$Y^* = X \cdot \beta^* + \varepsilon^*, \quad (1)$$

де Y^* , X^* , ε^* – точні значення змінних виходу, входу і розузгодження, за умови, що оцінку β^* для цих значень отримано за методом найменших квадратів [3]:

$$\beta^* = (X^{*T} X^*)^{-1} X^{*T} \cdot Y^* = C^* Y^*, \quad (X^{*T} X^*)^{-1} X^{*T} = C^*. \quad (2)$$

Тобто, за умови:

$$\beta^* = \arg(\min \varepsilon^{*T} \cdot \varepsilon^*). \quad (3)$$

На практиці МНК-оцінку (2) отримують по збуреним завадами N_x і N_y даним:

$$X = X^* + N_x, \quad Y = Y^* + N_y, \quad (4)$$

$$\text{де } X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_2(1) \dots & x_i(1) \dots & x_n(1) \\ x_1(2) & x_2(1) \dots & x_i(2) \dots & x_n(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(m) & x_2(m) \dots & x_i(m) \dots & x_n(m) \end{bmatrix},$$

$$Y^T = [y(1) \ y(2) \dots \ y(m)],$$

$$x_i(j) = x_i^*(j) + N_{x_i}(j),$$

$$y_j(j) = y_j^*(j) + N_y(j), \quad j = \overline{1, M}.$$

Тоді МНК-оцінка (2) $\hat{\beta}$ вектора β^* знаходиться з умови (3), але вже для реальних даних (4) у звичайній

$$\hat{\beta} = (X^T X) X^T Y = C \cdot Y, \quad C = (X^T X) X^T, \quad (5)$$

або у рекурентній

$$\hat{\beta}(j+1) = \hat{\beta}(j) + P(j+1) X(j) [Y(j) - X^T(j) \cdot \hat{\beta}(j)],$$

$$P(j+1) = P(j) - P(j) X(j) [X^T(j) P(j) X(j) + 1]^{-1} \cdot X^T(j) \cdot P(j), \quad (6)$$

формах з початковими умовами $P(0)$, $\hat{\beta}(0)$.

Якщо останні невідомі, то приймають, що $\hat{\beta}(0) = 0$, $P(0) = \sigma_{\beta(0)}^2 \cdot I$, $\sigma_{\beta(0)}^2 = \rightarrow \infty$.

Основний матеріал

Покладемо для спрощення аналізу, що перешкоди N_x і N_y – «білі шуми» Гауса, відповідно авто- і взаємо-некореговані. Визначимо зсув $\Delta \hat{\beta}$ оцінки (5) відносно точної оцінки (2):

$$\begin{aligned} \Delta \hat{\beta} &= M\{\hat{\beta}\} - \beta^* = M\{[C^* + \delta C(N)] \cdot [Y^* + \varepsilon^* + N_y]\} - \\ &- \beta^* = M\{[C^* + \delta C(N)] \cdot Y^*\} - \beta^* = M\{C^* + \delta C(N)\} \times \\ &\times Y^* - \beta^* \cong [X^{*T} X^* + M\{N_X^T N_X\}]^{-1} \cdot X^{*T} Y^* - \\ &- \beta^* = [X^{*T} X^* + \text{diag} \sigma_1^2 \cdot M \cdot I]^{-1} \cdot X^{*T} \cdot Y^* - \beta^*. \end{aligned} \quad (7)$$

Позначимо

$$X^{*T} X^* = A^*, \quad M\{N_X^T N_X\} = \delta A, \quad X^{*T} Y^* = B^*.$$

Тоді (2) і (7) дорівнюють відповідно:

$$A^* \beta^* = B^*,$$

$$[A^* + \delta A] \hat{\beta} = B^*.$$

Звідси

$$\delta A \cdot \hat{\beta} = -A^* (\hat{\beta} - \beta^*) = -A^* \Delta \hat{\beta},$$

тобто $\delta A (\beta^* + \Delta \hat{\beta}) = -A^* \Delta \hat{\beta}$, або

$$\Delta \hat{\beta} = -(A^* + \delta A)^{-1} \cdot \delta A \cdot \beta^*. \quad (8)$$

Оцінка $\hat{\beta}$ за умов навіть некорельованих «білих шумів» N_X і N_Y , буде занижена відносно істинної β^* на величину (8). Остання, за умови, що норма $\|\delta A\| \rightarrow 0$, прямує до нуля, а $\hat{\beta}$ до β^* ; за умови, що норма $\|\delta A\| \rightarrow \infty$, прямує до $-\beta^*$, а $\hat{\beta}$ – до нуля.

Коваріація оцінки (5) за приведених вище умов, та приймаючи, що норма $\|N_X^T \cdot \varepsilon\|$ набагато менше, ніж $\|X^{*T} \cdot \varepsilon\|$ або $\|N_X^T \cdot Y^*\|$, наближено дорівнює:

$$\begin{aligned} \text{cov}[\hat{\beta}] &\cong M\{[C_1 \cdot \varepsilon + C_2 N_X] \cdot [C_1 \cdot \varepsilon + C_2 N_X]^T\} = \\ &= C_1 \cdot M\{\varepsilon \cdot \varepsilon^T\} \cdot C_1^T + C_2 \cdot M\{N_X N_X^T\} \cdot C_2^T, \end{aligned} \quad (9)$$

де $\varepsilon = \varepsilon^* + N_Y$,

$$C_1 = [X^{*T} X^* + M\{N_X N_X^T\}]^{-1} \cdot X^{*T},$$

$$C_2 = [X^{*T} X^* + M\{N_X N_X^T\}]^{-1} \cdot Y^{*T}.$$

Перша складова виразу (9) зі зростанням рівня N_X зменшується, в другій C_2 зменшується, а $M\{N_X N_X^T\}$ збільшується, але C_2 входить в вираз (9) у квадраті, тоді як $M\{N_X N_X^T\}$ – лінійно. Тому для «білого шуму», коли $M\{N_X N_X^T\} = \sigma_{N_X}^2 \cdot M \cdot I$, зі зростанням σ_{N_X} коваріація оцінки $\hat{\beta}$ буде зменшуватись.

Таким чином МНК має властивість до регуляризації системи нормальних рівнянь, подібно до Тихонівської [1].

Остання полягає в мінімізації звичайного квадратичного функціоналу $I = \varepsilon^T \varepsilon$ з регуляризуючою добавкою $\alpha \hat{\beta}^T \hat{\beta}$, де α – параметр регуляризації:

$$I = \varepsilon^T \varepsilon = (Y - X^* \hat{\beta})^T (Y - X^* \hat{\beta}) + \alpha \hat{\beta}^T \hat{\beta},$$

$$\frac{\partial I}{\partial \hat{\beta}} = 0 = 2(X^{*T} X^* \hat{\beta} - X^{*T} Y + \alpha \hat{\beta}), \quad (10)$$

$$\hat{\beta} = (X^{*T} X^* + \alpha \cdot I)^{-1} \cdot X^{*T} \cdot Y.$$

Співставивши (7) і (10) бачимо, що в МНК параметр Тихонова дорівнює $\text{diag} \sigma_1^2 \cdot M$.

Графічну залежність нормованих величин $\|\hat{\beta}\|/\|\beta^*\|$ та $\|\text{cov} \hat{\beta}\|/\|\text{cov} \beta^*\|$ (крива а), та $\|\Delta \hat{\beta}\|/\|\beta^*\|$ (крива б) наведено на рис. 1.

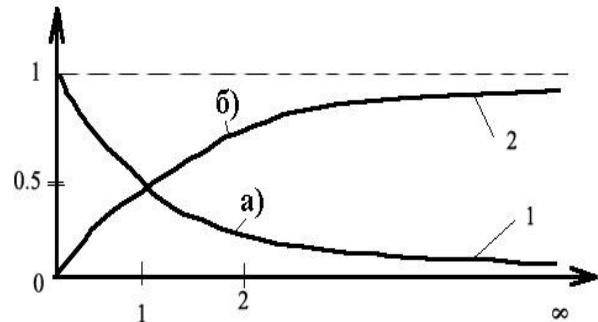


Рис. 1. Залежність зсуву і коваріації МНК-оцінки від співвідношення «шум-сигнал» в X

Узагальнений МНК та його практична реалізація. В цьому методі відшукуються МНК-оцінки за зваженими (відфільтрованими) даними:

$$\hat{X} = U^{-1} X, \quad \hat{Y} = U^{-1} Y.$$

Це еквівалентно мінімізації функціоналу

$$I = 0,5 \sum_{j=1}^M \|y(j) - x(j) \cdot \hat{\beta}\|^2 \cdot Q^{-1}, \quad (11)$$

де Q – матриця ваги кожного j -го виміру:

$$Q = (\text{cov} \hat{\beta}) \cdot U^T.$$

Тоді зважена вагою Q^{-1} оцінка узагальненого МНК (УМНК), отримана за умови мінімуму (11), дорівнює:

$$\hat{\beta} = (X^T Q^{-1} X)^{-1} \cdot X^T Q^{-1} Y. \quad (12)$$

Коваріація оцінки (12):

$$\text{cov} \hat{\beta} = (X^T Q^{-1} X)^{-1} X^T Q^{-1} M\{N_y N_y^T\} Q^{-1} X (X^T Q^{-1} X)^{-1}. \quad (13)$$

Оцінки (12) мають мінімальну дисперсію за умови, якщо $Q = M\{N_y \cdot N_y^T\}$.

Тоді

$$\text{cov} \hat{\beta} = [X^T \cdot M\{N_y N_y^T\} \cdot X]^{-1}. \quad (14)$$

Для некорельованого «білого шуму» в вимірах

$$Y Q = \sigma_y^2(j) \cdot I.$$

Тоді рекурентна формула УМНК співпадає зі зваженим МНК:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}(j+1) &= \beta(j) + P(j+1) \cdot X(j) \times \\ &\times \frac{1}{\sigma_y^2(j)} \cdot [y(j) - X^T(j) \cdot \beta(j)], \\ P(j+1) &= P(j) - X(j) \times \\ &\times [X^T(j) \cdot P(j) \cdot X(j) + \sigma_y^2(j)]^{-1} \cdot X^T(j) \cdot P(j). \end{aligned} \quad (15)$$

Неточність визначення чи апріорного завдання матриці Q^{-1} призводить до суттєвої втрати оптимальності оцінок (12) чи (15).

Алгоритм не є робастним [5]: статистично незначна неадекватність матриці Q коваріації перешкод N_y , викликана, наприклад, окремими збоями в даних, які утворюють в законі розподілення перешкод N_y так звані «тяжкі хвости» [2], під час оцінювання вектора $\hat{\beta}$ за алгоритмом (12), може привести до суттєвої похибки. Тому в практичній реалізації більш зручним і надійним буде квазіоптимальний УМНК:

– на першому етапі відбувається квазіоптимальне оцінювання сигналів X , Y шляхом згладжування лінійними фільтрами їх зашумлених вибірок $X(j)$, $Y(j)$, $j = \overline{1, M}$;

– на другому – МНК-оцінювання вектора $\hat{\beta}$ по отриманим на першому етапі оцінкам \hat{X} і \hat{Y} точних значень X^* , Y^* сигналів.

Для такого підходу перешкоди $N_{x_s}, i = \overline{1, n}, N_y$ можуть бути взаємно корельованими [4]. Окрім того, так як модель (1) лінійна, то, за умови фільтрації всіх змінних $X_i(t)$, $y(t)$ одним фільтром, невідповідність згладжених значень \hat{X} і \hat{Y} істинним X^* , Y^* не приводить до зміщення оцінки $\hat{\beta}$ відносно β^* .

Дійсно знак рівняння в (1) не порушується, якщо на його ліву і праву частину подіяти лінійним оператором фільтра W_ϕ :

$$W_\phi\{Y^*\} =$$

$$W_\phi\{X^*\beta^* + \varepsilon^*\} = W_\phi\{X^*\} \cdot \beta^* + W_\phi\{\varepsilon^*\}. \quad (16)$$

Математичне сподівання оцінки $\hat{\beta}$:

$$M\{\hat{\beta}\} = \left[\hat{X}^{*T} \hat{X}^* + M\{N_x N_x^T\} \right]^{-1} \cdot \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*. \quad (17)$$

Якщо для спрощення прийняти що

$$M\{N_x N_x^T\} = \text{diag}\{\sigma_{N_s}^2\} \cdot I,$$

а також покласти, що власні числа матриці

$$\left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\}$$

менше одиниці, то вираз

$$\left[I + \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \right]^{-1}$$

можна представити рядом.

Тоді

$$\begin{aligned} &\left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right) \cdot \hat{\beta} = \\ &= \left[I + \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \right]^{-1} \cdot \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* \cong \\ &\cong \left[I - \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \right] \cdot \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*. \end{aligned}$$

Звідси

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &\cong \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* - \\ &- \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-2} \cdot \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*. \end{aligned}$$

Враховуючи, що

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &\cong \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^* = \\ &= \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-2} \hat{X}^{*T} \hat{Y}^*, \end{aligned}$$

отримаємо вираз для зсуву:

$$\begin{aligned} \Delta\hat{\beta} &= \hat{\beta} - \beta = \\ &= -\text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \cdot \left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1} \cdot \hat{\beta}^*. \end{aligned} \quad (18)$$

Так як норма $\Delta\hat{\beta}$ не більше добутку норм складових правої частини (18), то маємо нерівність:

$$\begin{aligned} \|\Delta\hat{\beta}\| / \|\hat{\beta}^*\| &\leq \\ &\leq \left\| \text{diag}\{\sigma_{N_i}^2\} \right\| \cdot \left\| \hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right\|^{-1}. \end{aligned} \quad (19)$$

Чим сильніше фільтрація X , Y оператором W_ϕ фільтра, тим менше норма матриці збурень $\sigma_{N_i}^2$, тобто фільтр послабляє перешкоди, не порушуючи рівняння (16).

Але згладжування фільтром складових $X_i(t)$ вектор-функції $X(t)$ завужує їх частотні спектри і, як наслідок, зменшує їх лінійну незалежність.

Зменшується число обумовленості матриці

$$\left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)$$

і, як наслідок, збільшується норма зворотної матриці

$$\left(\hat{X}^{*T} \hat{X}^* \right)^{-1}.$$

Якісну картину залежності нормованих величин:

$$\|\Delta\hat{\beta}\|/\|\hat{\beta}\| \text{ (крива а),}$$

$$\|\text{diag}\sigma_{\hat{N}_i}^2\|/\|\text{diag}\sigma_{N_i}^2\| \text{ (крива б),}$$

$$\left\|\left(\hat{X}^{*T}\hat{X}^*\right)^{-1}\right\|/\left\|\left(\hat{X}^{*T}\hat{X}^*\right)^{-1}\right\| \text{ (крива в),}$$

в функції інерційності τ фільтра W_Φ , для фіксованого співвідношення «шум-сигнал» зображено на рис. 2.

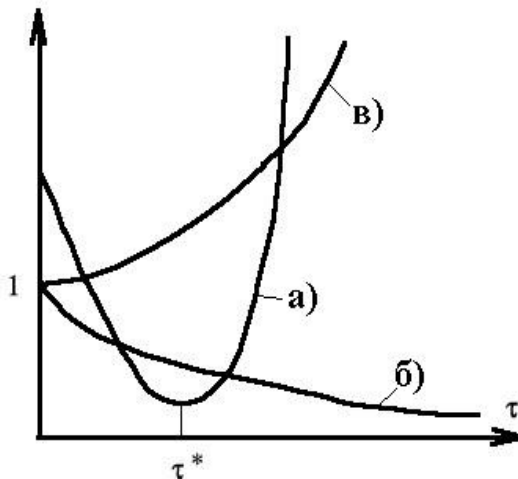


Рис. 2. Залежність нормованого зсуву (а), коваріації та перешкод (б) та інформаційної матриці $\left(\hat{X}^{*T}\hat{X}^*\right)^{-1}$ від параметра τ інерційності фільтра

ВИСНОВОК

Як витікає з графіка, для кожних конкретних випадків існує оптимальне значення згладжуючого ефекту фільтра W_Φ , за якого норма зміщення (19) буде мінімальною.

Коваріація оцінки $\hat{\beta}$ за методом узагальненого метода найменших квадратів при допущенні взаємнокорельованості перешкод, подібна до метода найменших квадратів (9), але матриці $M\{\varepsilon\varepsilon^T\}$, $M\{NXNX^T\}$ вже не діагональні.

Чим далі рознесені спектри сигналу і перешкоди, тим краще оцінки квазіоптимального узагальненого метода найменших квадратів.

Список літератури

1. Калашиников В.В. Сложные системы и методы их анализа. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
2. Сильвестров А.М. Розв'язання задачі ідентифікації з допомогою сигнального і параметричного підходів / А. М. Сильвестров, М. М. Гонтар, Д. М. Нелюба // Тези 68-ї наук. конф. професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, (Полтава, 19 квіт. – 13 трав. 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – Т. 1. – С. 11-13.
3. Зайцев Г. Ф. Теорія автоматичного управління / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький. – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
4. Гонтар М.М. Нестійкі нестационарні системи як об'єкти керування та їх ідентифікація / М.М. Гонтар, Д.М. Нелюба // Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика : матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф., 17-18 листопада 2016 р., Полтава / Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка [та ін.] – Полтава, 2016. – С. 71-73.
5. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание / Лайонс Р. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 656 с.

Надійшла до редколегії 22.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРИ ЗАШУМЛЕННОСТИ СИГНАЛОВ

М.Н. Гонтарь, А.Н. Сильвестров, Д.Н. Нелюба

Принимая метод наименьших квадратов (МНК) в качестве базового при обработке зашумленных сигналов рассматриваем влияние соотношения сигнал-шум на смещение оценок реальных данных. Также были рассмотрены обобщенный метод наименьших квадратов (УМНК) для взвешенных (отфильтрованных) данных. Показано, что для каждого конкретного случая существует оптимальное значение сглаживающего эффекта фильтра, при котором норма смещение будет минимальной. Получено, что чем дальше разнесены спектры сигнала и помех, тем лучше оценки квазиоптимального УМНК.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, смещение оценок, сглаживающий фильтр.

ANALYSIS OF LEAST MEAN SQUARES METHOD FOR NOISED SIGNALS

M.M. Hontar, A.M. Silvestrov, D.M. Neliuba

In this paper, taking the least mean squares (LMS) method as a base when processing noised signals considering influence the signal-to-noise bias in estimates of real data. It was also considered a general least mean squares (GLMS) for weighted (filtered) data. It is shown that in each case there is a filter smoothing effect optimal value in which the displacement rate is minimal. It was found that the farther spaced signal and noise spectra, the better the evaluation of quasi-optimal GLMS.

Keywords: least mean squares method, bias estimates, smoothing filter.

УДК 621.396

І.І. Слюсарь, В.І. Слюсар, В.Г. Смоляр, С.В. Волошко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

МУЛЬТИСТАНДАРТНА СИСТЕМА ТРАНКІНГОВОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У роботі розглянуті особливості побудови перспективних транкінгових систем радіозв'язку. На основі аналізу характеристик існуючих систем визначено основні недоліки та обмеження при роботі в різних умовах. В ході досліджень були визначені пріоритетні напрямки їх подальшого розвитку. Наведено результати математичного моделювання основних параметрів перспективної базової станції з точки зору забезпечення мультистандартності.

Ключові слова: транкінгові системи радіозв'язку, цифрове діаграмоутворення, N-OFDM, OFDM.

Вступ

Для створення Національної системи мобільного зв'язку державних органів [1] передбачається впровадження сучасних цифрових систем транкінгового радіозв'язку в інтересах служб громадської безпеки.

Аналізуючи особливості побудови перспективних транкінгових систем радіозв'язку (ТСР) можна зробити висновок, що вимоги до ТСР в Європі відрізняються від США через кілька чинників: висока щільність населення, велика кількість індустріальних центрів, розвинена структура проводових і безпроводових комунікацій. Тому, в Європі виправдане застосування систем з часовим множинним доступом (Time Division Multiple Access, TDMA) навіть при тому, що витрати на їх розгортання в два і більше разів вищі у порівнянні з системами з частотним множинним доступом (Frequency Division Multiple-Access, FDMA). Системи з FDMA більш привабливі для країн з нерівномірною щільністю абонентів, зі складним рельєфом місцевості, з наявністю примітивних аналогових систем зв'язку та ін.

За останні роки проведені численні наукові дослідження щодо впровадження сучасних цифрових ТСР в інтересах служб громадської безпеки.

За рівнем своїх функціональних можливостей системи TETRA (TErrestrial TRunked RADio) [2] з TDMA і APCO25 (Association of Public Safety Communications Officials International) [3] з FDMA перебувають на верхньому рівні класифікації ТСР. Кожен зі стандартів має більше сотні функцій передачі голосу/даних.

Однак, зазначені ТСР в технологічному плані значно відстають від інших телекомунікаційних систем передачі, наприклад, систем мобільного зв'язку 4G/5G [4], уніфікованих комунікацій, систем оптичного доступу [5] та ін. Як наслідок, основні елементи інфраструктури ТСР, в т. ч. й базові станції (БС), повинні будуватись на сучасних схемо-технічних рішеннях.

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності застосування сучасних цифрових систем транкінгового радіозв'язку для створення Національної системи мобільного зв'язку державних органів.

Виклад основного матеріалу досліджень

Як відомо, для реалізації високошвидкісної передачі даних та забезпечення вимог до систем радіозв'язку служб громадської безпеки існував проєкт MESA (Mobility for Emergency and Safety Applications). Він передбачав швидкість передачі на рівні 2 Мбіт/с. Однак, він так і не набув подальшого практичного розвитку стосовно ТСР. В цьому сенсі технології TETRA і APCO25, які вже багато років використовуються правоохоронними органами багатьох світових країн, є найбільш успішними.

Зазвичай, для систематизації ТСР використовують кілька класифікаційних ознак: тип багатостанційного доступу; метод передачі мовної інформації; кількість зон; метод об'єднання БС у багатозонових системах; спосіб пошуку та призначення каналу; тип каналу керування; спосіб утримання каналу.

Проведений аналіз свідчить про те, що цифрові ТСР у порівнянні з аналоговими мають переваги за рахунок реалізації вимог щодо підвищеної оперативності та безпеки зв'язку, надання широких можливостей з передачі даних, більш широкого спектру послуг зв'язку, можливостей організації взаємодії абонентів різних мереж.

Як відомо, всі цифрові ТСР є системами з виділеним каналом керування, а розрізняються насамперед способом доступу: FDMA або TDMA. Враховуючи поширеність в Україні ТСР TETRA і відкритість стандарту надалі в роботі розглядається ТСР TETRA. Стандарт TETRA припускає використання діапазону частот від 150 до 900 МГц. При цьому, TETRA Release 2 забезпечує 38,4÷691,2 кбіт/с, а радіоінтерфейс дозволяє реалізувати квадратурну амплітудну модуляцію QAM-64 (Quadrature Amplitude

Modulation, QAM). Аналіз варіантів застосування методу TDMA на прикладі TETRA дозволяє визначити його переваги та недоліки відносно TCP.

Для визначення характеристик та параметрів перспективної БС TCP TETRA в роботі виконана порівняльна оцінка TCP Motorola Dimetra IP [6], Rohill Tetranode [7] і DAMM Tetraflex [8]. З точки зору повноти функціоналу пріоритетними є TCP DAMM TetraFlex. Однак, при необхідності побудови систем загальної безпеки або об'єднаних TCP кількох силових структур на державному рівні перевагу слід віддати Motorola Dimetra IP Scalable.

Під час аналізу параметрів радіотракту TCP TETRA встановлено, що зона покриття БС TETRA в 2÷3 рази менша, ніж у БС аналогових TCP або DMR (Digital Mobile Radio). Тому, система TETRA вимагає встановлення в 3÷5 разів більшої кількості станцій для покриття аналогічної території.

Сервіс удосконаленої служби передачі даних (TETRA Enhanced Data Service, TEDS) оптимізований на ефективне використання частотного спектру та припускає використання різної ширини каналу та типу модуляції залежно від умов поширення сигналу. TEDS використовує 8 несучих частот на кожні 25 кГц, тобто 8, 16, 32 і 48 несучих на канали шириною 25, 50, 100 і 150 кГц відповідно. Кожна несуча забезпечує швидкість передачі 2400 символів за секунду, а сумарна символна швидкість залежить від загальної кількості несучих. Такий метод за рахунок низької швидкості на кожній несучій забезпечує стійкість модуляції до часової дисперсії і, отже, дозволяє уникнути необхідності застосування адаптивного еквалайзера.

На жаль, дотепер через дефіцит частотного спектру в мобільному радіозв'язку розгортання радіомереж з підтримкою сервісу TEDS обмежене використання каналів шириною ≤ 50 кГц.

Підвищення пропускної здатності БС TCP можливе за рахунок використання нових варіантів множинного доступу, що базуються на основі сучасних технологій та методів модуляції з високою спектральною ефективністю. Як наслідок, пропонується кілька підходів до вирішення цієї задачі:

- отримання додаткового операційного підсилення за рахунок модифікації алгоритмів QAM;
- робота з існуючим парком обладнання стандарту TETRA;
- введення режиму множинного доступу на основі ортогональної частотної дискретної модуляції (Orthogonal Frequency Division Multiple Access OFDMA);
- реалізація цифрової обробки сигналів (ЦОС) за гібридною схемою OFDM/TDMA або OFDMA/TDMA;
- забезпечення мультистандартних режимів роботи, наприклад, з DMR, APCO25 та ін.

Для підвищення пропускної здатності TCP стандарту TETRA у перспективній БС пропонується використовувати замість однієї несучої з QAM багатопозиційний сигнал типу OFDM [9]. Оскільки при застосуванні OFDM інформаційний потік розподілений на велику кількість низькошвидкісних підканалів, то довжина тактового інтервалу для кожної несучої визначається істотно більшою за типову затримку сигналів при багатопробному розповсюдженні радіохвиль. Це перетворює підданий селективному федингу широкосмуговий канал з однією несучою на незалежні фединговані вузькосмугові підканали з частотним ущільненням.

Перед визначенням основних параметрів ЦОС у БС з OFDM в рамках TCP TETRA доцільно сформулювати початкові дані, які спираються на вимоги стандарту TETRA. Враховуючи тривалість одного тайм-слоту (Time Slot, TS) – 14,167 мс і кількість переданої інформації – 510 модуляційних біт, технічна швидкість передачі складає 35,99915 кбіт/с (≈ 36 кбіт/с).

Для виявлення помилок при передачі в каналі радіозв'язку та їх виправлення, в каналному кодуванні застосовуються технології Forward Error Correction (FEC) і Cyclic Redundancy Check (CRC) у вигляді 4-ох процедур: блочного кодування, згорткового кодування, перемежування та шифрування, після чого формуються інформаційні канали. Один радіоканал займає смугу 25 кГц. Таким чином, в якості вихідних положень доцільно прийняти:

- абонентські термінали TETRA підключаються до БС в режимі TDMA;
- тривалість одного TS дорівнює 14,167 мс;
- затримка сигналу може складати 7÷10 мкс;
- режим TEDS використовує 8 несучих на канал смугою 25 кГц.

Надалі слід сформулювати вимоги до основних параметрів БС з OFDM:

1. БС з OFDM повинна підтримувати стандартні абонентські термінали TETRA в режимі TDMA. Це означає, що OFDM з модифікованим алгоритмом QAM реалізується в межах одного TS для абонентських терміналів з підтримкою відповідної удосконаленої ЦОС. Якщо всі термінали підтримують запропонований підхід, то може реалізовуватись режим доступу OFDM/TDMA або OFDMA, що дає додаткове підвищення пропускної здатності TCP.

2. Згідно з TEDS мінімальна кількість несучих підканалів сигналу OFDM повинна складати $M_{\min}=8$.

3. Кількість символів OFDM, що формують кадр, дорівнює цілому числу N .

Враховуючи вищезазначене, розраховуються параметри сигналу БС з OFDM.

1. Для розрахунку максимальної кількості несучих підканалів (відповідно – розмірність операції

швидкого перетворення Фур'є (ШПФ)) прийнятно тривалість символного періоду OFDM (або періоду ШПФ) рівною довжині TS, тобто $T_u=14,167$ мс, тоді:

$$M_{\max} = \frac{1}{T_u} = \frac{1}{14,167 \text{ мс}} = 283,34.$$

Зазвичай розмірність ШПФ обирається відповідно до алгоритму Кулі-Т'юкі (в даному випадку, $M_{\max}=2N$). Неприятливим наслідком популярності зазначеного алгоритму є те, що на основі параметрів алгоритмів ШПФ стали обиратись параметри обладнання замість того, щоб це мало зворотну послідовність. В даний час ефективні алгоритми ШПФ існують для практично будь-яких довжин перетворення,

наприклад – алгоритм Виноградова. Він більш ефективний в обчислювальному відношенні. Однак, прикладів практичного його використання майже немає через складність нерегулярної структури обчислень. Виходячи з цих міркувань визначається кількість несучих підканалів OFDM – $M_{\max}=256$.

2. Тривалість захисного інтервалу T_g може становити 1/4, 1/8, 1/16 або 1/32 від тривалості OFDM-символу.

Змінюючи значення T_g і кількість несучих підканалів в межах від $M_{\min}=8$ до $M_{\max}=256$ визначаємо кількість OFDM-символів в одному кадрі, тривалість якого не повинна перевищувати довжину TS. Результати розрахунків наведені в табл. 1÷3.

Таблиця 1

Параметри ЦОС OFDM для захисного інтервалу 1/8

Параметр сигналу OFDM	Кратність тривалості захисного інтервалу 1/8					
	256	128	64	32	16	8
Кількість підканалів	256	128	64	32	16	8
Δf , кГц	0,09766	0,19531	0,39063	0,78125	1,5625	3,125
T_u , мс	10,24	5,12	2,56	1,28	0,64	0,32
T_g , мс	1,28	0,64	0,32	0,16	0,08	0,04
$T_s=T_g+T_u$, мс	11,52	5,76	2,88	1,44	0,72	0,36
Розрахована кількість символів OFDM	1,22	2,45	4,91	9,83	19,67	39,35
Визначена кількість символів OFDM	1	2	4	9	19	39
Кількість символів OFDM на один кадр	4	9	19	39	78	157

Таблиця 2

Параметри ЦОС OFDM для захисного інтервалу 1/16

Параметр сигналу OFDM	Кратність тривалості захисного інтервалу 1/16					
	256	128	64	32	16	8
Кількість підканалів	256	128	64	32	16	8
Δf , кГц	0,097656	0,195313	0,390625	0,78125	1,5625	3,125
T_u , мс	10,24	5,12	2,56	1,28	0,64	0,32
T_g , мс	0,64	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02
$T_s=T_g+T_u$, мс	10,88	5,44	2,72	1,36	0,68	0,34
Розрахована кількість символів OFDM	1,3	2,6	5,2	10,42	20,83	41,67
Визначена кількість символів OFDM	1	2	5	10	20	41
Кількість символів OFDM на один кадр	5	10	20	41	83	166

Таблиця 3

Параметри ЦОС OFDM для захисного інтервалу 1/32

Параметр сигналу OFDM	Кратність тривалості захисного інтервалу 1/32					
	256	128	64	32	16	8
Кількість підканалів	256	128	64	32	16	8
Δf , кГц	0,09766	0,19531	0,39063	0,78125	1,5625	3,125
T_u , мс	10,24	5,12	2,56	1,28	0,64	0,32
T_g , мс	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
$T_s=T_g+T_u$, мс	10,56	5,28	2,64	1,32	0,66	0,33
Розрахована кількість символів OFDM	1,34	2,68	5,37	10,73	21,46	42,93
Визначена кількість символів OFDM	1	2	5	10	21	42
Кількість символів OFDM на один кадр	5	10	21	42	85	171

Вони свідчать, що зменшувати T_g менше 1/16 не доцільно.

Крім того, відповідно до стандарту TETRA, T_g не повинен бути менше значення затримки сигналу ($7\div 10$ мкс). На практиці, з отриманих N символів

OFDM необхідно виділити частину під пілот-сигнали ($\approx 6\%$ від загальної кількості), а також включити крайові підканали ($\approx 18\%$ від загальної кількості) у разі наявності в них амплітудно-частотних спотворень.

Як наслідок, для кратності тривалості захисного інтервалу $1/16$ з точки зору кількості символів OFDM, доцільно обрати систему параметрів з кількістю несучих від 8-ми до 32-х. Сумарна швидкість передачі даних розраховується після вибору кодової швидкості та алгоритму QAM.

Для забезпечення багатостандартності БС TCP можливо розвинути аналогічний підхід на ЦОС для TCP ARCO 25 другої фази, прийнявши наступні початкові дані: смуга каналу – 6,25 кГц, тривалість групи даних (Logical Link Data Unit, LDU) довжиною 9 кадрів – 180 мс. Наприклад, для тривалості одного кадру (20 мс) реалізується один символ OFDM з $M_{\max}=64$, $T_g=11,52$ мс.

В системах з OFDM на використання процедури перетворення Фур'є накладається обмеження, яке обумовлене відносно великими бічними пелюстками частотної характеристики фільтру ШПФ. Внаслідок цього може проявитися ефект міжканальної інтерференції, коли частоти несучих сигналів з визначених причин неконтрольовано зсуваються від максимуму амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) фільтру ШПФ. Таким чином, одним з істотних недоліків методу OFDM є те, що частотне ущільнення обмежене шириною смуги синтезованих фільтрів ШПФ [9].

Подібно до систем 5G одним з напрямків вирішення задач електромагнітної сумісності та підвищення спектральної ефективності є застосування

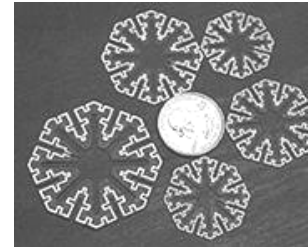
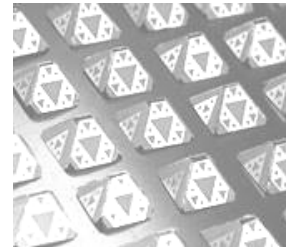


Рис. 1. Фрактальні антени з покриттям метаматеріалами розробки Fractal Antenna Systems

За аналогією з DVB-T2, доцільно забезпечити роботу терміналів абонентів в режимі MISO (множинний вхід – одиночний вихід) з використанням схеми кодування Аламоуті, тобто приймач обробляє сигнал від двох передавальних антен, або двох БС (відповідно, якщо він знаходиться в зоні їх дії) [11]. Як відомо, MISO – це частковий випадок MIMO – технології передачі даних n антенами та їх прийому m антенами. Сутність методу полягає в тому, що для передачі сигналу використовується не одна, а відразу кілька антен, що віддалені одна від одної. Розвитком цього підходу є введення режиму MIMO [12], який досить вдало використовується в безпроводових LAN (802.11n та ін.).

Досить перспективним для БС TCP є застосування технології цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) на основі цифрових антенних решіток (ЦАР)

неортогональних сигналів, наприклад, неортогональної OFDM (N-OFDM) [10]. Це деякою мірою компенсує недоліки OFDM. На практиці, для підвищення завадозахищеності TCP процедуру N-OFDM, подібно OFDM, доцільно використовувати спільно зі схемами внутрішнього та зовнішнього каналного кодування для корекції або виявлення похибок.

Як відомо, QAM вже використовується в сучасних TCP FDMA (в iDEN використання QAM-16 забезпечує швидкість передачі 64 кбіт/с на канал) і TDMA (TETRA Release 2 – QAM-64 забезпечує до ≈ 690 кбіт/с). Відповідно, формування модуляційних символів OFDM теж виконується на подібній основі. При цьому, доцільно використовувати модифікацію, що зводиться до застосування схеми модуляції з «обертвовим» сигнальним сузір'ям [11]. Такий підхід забезпечує додаткове операційне підсилення.

Для мініатюризації антенних систем БС TCP та підвищення чутливості до слабких сигналів і забезпечення частотної та просторової вибірковості доцільно використовувати метаматеріали, електрично-малі антени (ЕМА) або реалізовувати комбінації зазначених технологічних підходів. Прикладом останнього є зразки антен (рис. 1) компанії Fractal Antenna Systems. Використовувана нею технологія дозволяє створювати за допомогою метаматеріалів багаточислові фрактальні антени у різних формфакторах з унікальними показниками частотно-просторової селективності.

[13]. Ключова особливість ЦАР – цифрове формування променів діаграми спрямованості (ДС) антени. В цілому, телекомунікаційна система з ЦДУ на базі ЦАР має можливості для ефективного вирішення наступних завдань:

- поліпшення відношення сигнал/завада завдяки формуванню «нулів» ДС у напрямках завадових сигналів, у тому числі від сусідніх бортових та наземних станцій, навіть у головних пелюстках ДС;
- придушення завадових сигналів, що виникають у разі багатопроменевого поширення радіохвиль, а також істотне зниження глибини фідінгової модуляції;
- досягнення максимальної ефективності систем множинного доступу з кодовим (Code Division Multiple Access, CDMA), просторовим ущільненням (Space Division Multiple Access, SDMA); FDMA і TDMA;

– інтеграція в єдину інформаційну систему різних за функціональним призначенням підсистем, а саме радіонавігації, радіозв'язку тощо;

– підвищення інтенсивності корисних сигналів шляхом фокусування максимумів ДС у напрямках рухомих кореспондентів;

– вирішення проблеми електромагнітної сумісності.

Для демонстрації роботи процедури придушення завад при використанні ЦДУ і наступного формування максимуму ДС в потрібному напрямку було проведено математичне моделювання в пакеті

MathCad, результати якого наведені на рис. 2 і 3. При цьому, кутова координата корисного сигналу була задана рівною +200, а поодинокі завади – -200 відносно нормалі до 4-елементної антенної решітки. Амплітуда сигналу складала 10 умовних одиниць, а завади – 1000, різниця фаз сигналу та завади дорівнює 450. Неважко помітити, що в результаті придушення завади відбувається спотворення сигнального відгуку, яке зростає у міру зближення кутових координат провалу ДС і напрямку на корисний сигнал (рис. 4). Аналогічні результати були отримані і при придушенні двох і трьох постановників завад.

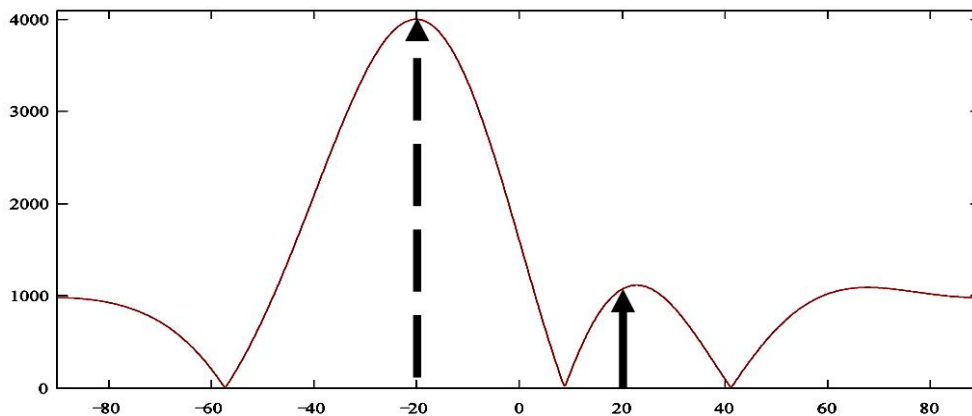


Рис. 2. Сигнальна суміш до придушення завади:
корисний сигнал – суцільна стрілка; завада – пунктирна стрілка

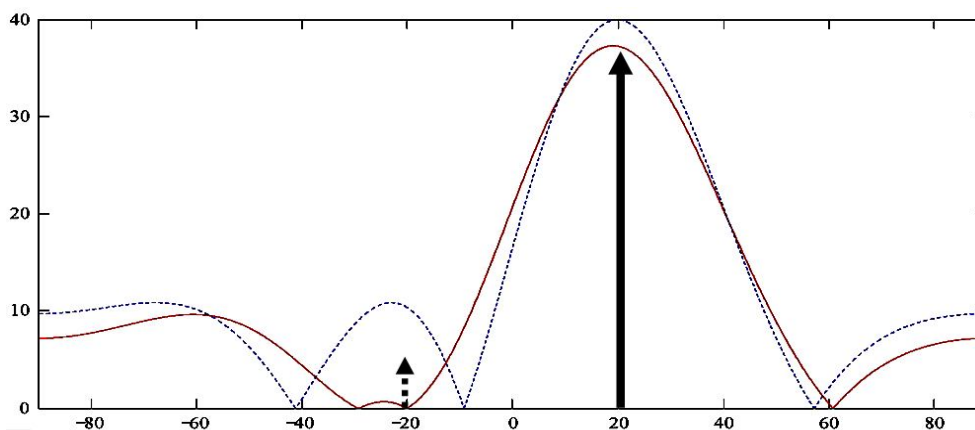


Рис. 3. Сигнальна суміш: після придушення завади – суцільна лінія;
немає завад – пунктирна лінія

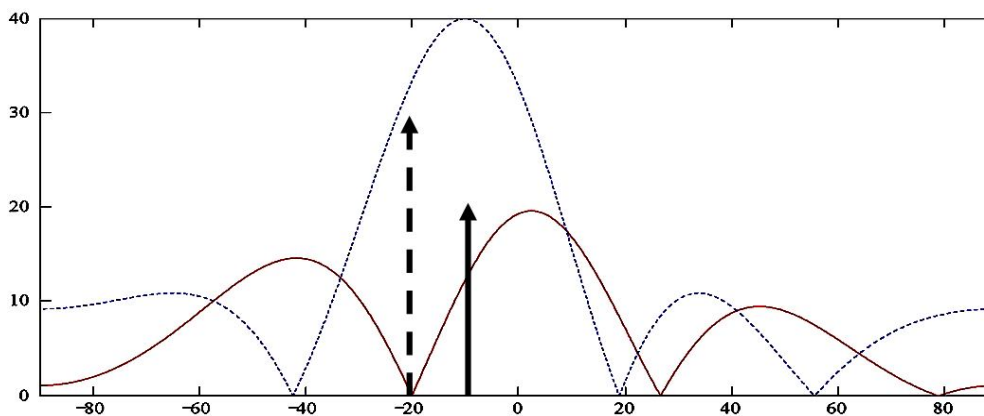


Рис. 4. Спотворення сигнального відгуку (суцільна лінія) після придушення завади при кутовому рознесенні на 100 (координата джерела завади – -200), немає завад – пунктирна лінія

Для перспективної БС, враховуючи вимоги щодо забезпечення можливості роботи з існуючим парком обладнання стандарту, уніфікації та відкритості щодо подальших модифікацій, а також реалізації мультистандартних режимів, в якості базової визначена технологія програмної конфігурації обладнання (Software-Defined Radio, SDR). На її основі розроблені схемні рішення приймального та передавального тракту перспективної БС з OFDM. На даний час, при побудові БС використовують конструктиви на основі CompactPCI. Альтернативою цьому є більш сучасні рішення, що впроваджують PCI Express [14].

Висновки

Таким чином, зазначені пріоритетні напрямки розвитку базових елементів інфраструктури TCP дозволять значно розширити номенклатуру сервісів та послуг, а також задовольнити існуючі вимоги при створенні Національної системи мобільного зв'язку державних органів. Крім того, це скоротить суттєве відставання в технологічному плані TCP від передових телекомунікаційних систем передачі.

Список літератури

1. Про затвердження плану першочергових заходів щодо створення Національної мережі мобільного зв'язку державних органів на 2015 рік / Розпорядження КМУ від 20 травня 2015 р. № 523-р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/523-2015-%D1%80>.
2. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Release 2; Designer's Guide; TETRA High-Speed Data (HSD); TETRA Enhanced Data Service (TEDS) [Electronic resource] / ETSI TR 102 580 V1.1.1 (2007-10). Technical Report. – Last access: http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102500_102599/102580/01.01.01_60/tr_102580v010101p.pdf.
3. APCO P25 (Project 25) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/APCO_P25.
4. Слюсар І.І. Визначення пріоритетного ряду характеристик системи 5G на основі методу аналізу ієрархій. / І.І. Слюсар, В.І. Слюсар, Р.В. Кулик. // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: матеріали 6-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Полтава: ПолтНТУ; Баку: ВА ЗС

АР; Кіровоград: КІА НАУ; Х.: ДП «ХНДІ ТМ», 21-22 квітня 2016 р. – С. 59.

5. Converged Solutions for Next Generation Optical Access / I. Sliusar, V. Slyusar, S. Voloshko, V. Smolyar // IEEE Second International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PICST&T2015). – Kharkiv. – October 13-15, 2015. – P. 149-152.

6. Цифровая транкинговая система радиосвязи Motorola Dimetra IP Compact [Електронний ресурс] – Режим доступу:

http://www.sagatecom.ru/radiosystems/digital_systems/dimetra_ip_compact.php.

7. TetraNode access networks [Electronic resource] / Rohill. – Last access: <http://www.rohill.nl/products/access-networks>.

8. The power of true scalability with a TETRA system [Electronic resource] / Damm Cellular Systems A/S. – Last access: <http://www.damm.dk/products/tetraflex-system/>.

9. Пат. 47918А Україна, МПК H04J 1/00 (2002.07). Спосіб частотного ущільнення вузькосмугових інформаційних каналів / Слюсар В.І., Смоляр В.Г., Слюсар І.І.; заявники та власники Слюсар В.І., Смоляр В.Г., Слюсар І.І. – № 10201117512; заявл. 05.11.2001; опубл. 15.07.02, Бюл. №7.

10. Слюсар В.І. Неортогональное частотное мультиплексирование (N-OFDM) сигналов. Ч. 1. / В.І. Слюсар. // Технологии и средства связи. – 2013. – №5. – С. 61-65.

11. ETSI EN 302 755 v1.3.1 (2012-04) Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2) / ETSI. [Electronic resource] – Last access: http://telcogroup.ru/files/materials-pdf/DVB_standards/DVBT/a122_DVB-T2_spec.pdf.

12. Слюсар В.І. Системи MIMO: принципи побудови та обробка сигналів. / В.І. Слюсар. // Електроніка: наука, технологія, бізнес. – 2005. – №8. – С. 52-58.

13. Вишневицкий В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневицкий. – М.: Техносфера, 2005. – С. 498-569.

14. Слюсар В.І. Внедрение PCI Express в CompactPCI – попытка №2. / Слюсар В.І., Троцько А.А. // Електроніка: наука, технологія, бізнес. – 2010. – № 7. – С. 72-81.

Надійшла до редколегії 17.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

МУЛЬТИСТАНДАРТНАЯ СИСТЕМА ТРАНКИНГОВОГО СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.И. Слюсарь, В.И. Слюсар, В.Г. Смоляр, С.В. Волошко

В работе рассмотрены особенности построения перспективных транкинговых систем радиосвязи. На основе анализа характеристик существующих систем определены основные недостатки и ограничения при работе в разных условиях. В ходе исследований были определены приоритетные направления их дальнейшего развития. Приведены результаты математического моделирования основных параметров перспективной базовой станции с точки зрения обеспечения мультистандартности.

Ключевые слова: транкинговые системы радиосвязи, цифровое диаграммообразование, N-OFDM, OFDM.

MULTISTANDARD SYSTEM TRUNKING COMMUNICATION BASED ON ADVANCED TECHNOLOGIES

I.I. Sliusar, V.I. Slyusar, V.G. Smoliyar, S.V. Voloshko

This article considers the features of advanced trunking radio systems. Based on the analysis of the characteristics and properties of the existing systems identified the main shortcomings and limitations of the application when operating in the different conditions. During the research priority areas identified for further development of these systems. The results of mathematical modeling of the main parameters of the base station perspective in terms of providing the multistandards.

Keywords: trunking radio systems, digital diagram formation, N-OFDM, OFDM.

О.В. Шефер

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ВИКОРИСТАННЯ КАНАЛІВ ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОНІВ ПЛАЗМОВОЇ ОБОЛОНКИ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ СПОТВОРЕНЬ ТА ЗАТУХАНЬ СИГНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ КОСМІЧНИМ АПАРАТОМ

У статті сформовані канали втрати енергії швидкого електрона в плазмі. Уведено новий коефіцієнт, котрий однозначно характеризує процеси, які відбуваються на кордоні плазми, в залежності від поведінки енергетичного електрона. Запропонована теоретична модель використання розподілу енергії швидкого електрона, що підтверджена експериментально, в залежності від роду газу та матеріалу катоду. Дана модель забезпечує чітке формування шляхів впливу на плазму, з метою забезпечення надійного зв'язку із КА.

Ключові слова: космічний апарат, радіозв'язок, плазма, енергія електрона, модель розподілу енергії, коефіцієнт ефективності плазми, випромінювання.

Вступ

Під час входження космічного апарата (КА) в простір іоносфери, навколо його корпусу утворюється плазмова оболонка. Вона негативно впливає на проходження електромагнітних хвиль, суттєво погіршує, або, взагалі, припиняє радіозв'язок. З метою створення надійної телеметрії із КА без спотворень та затухань радіосигналів, запропоновано спосіб впливу на зовнішню плазмову оболонку [1], в околі антенно-відсіку КА для забезпечення стійкого зв'язку.

Новітнім підходом «пробиття» зовнішньої плазмової оболонки, для проходження електромагнітних хвиль, є вплив на неї штучно створеною низькотемпературною плазмою. Але без оцінювання елементарних процесів, котрі відбуваються в плазмі, не можливо створення стійкого каналу радіозв'язку.

Саме дослідженням елементарних процесів у плазмі та каналам втрати енергії швидких електронів, присвячена дана стаття.

Результати досліджень

У дослідженнях розряду, що жевріє [2], з плоскоступаралельними електродами показано, що під час руху позитивних іонів у просторі катодного потенціалу створюється потік швидких нейтральних частинок, у процесі перезарядки. Як наслідок, у даному просторі виникають зміни газової щільності.

Дослідження цього явища, дали змогу ввести для його характеристики коефіцієнт δ (коефіцієнт корисної дії) плазми [3]. Він показує, скільки позитивних іонів надходить, за одиницю часу, через одиничну перпендикулярно розташовану площину на межі від'ємного випромінювання з темним круковим простором, на один швидкий електрон, котрий перетинає дану межу з боку катоду. Кількісне значення δ згідно [4] виражається таким відношенням

$$\delta = n_i/n_{ek}, \quad (1)$$

де n_i – щільність іонів; n_{ek} – щільність швидких електронів, котрі перетинають межу від'ємного ви-

промінювання з темним круковим простором у протилежних напрямках.

У вказаних дослідженнях не дається кількісної оцінки значенню δ та величині потоку позитивних іонів. У [5] величину потоку позитивних іонів, вважають незначною та зовсім не враховують. В інших дослідженнях [6] ураховується наявність даного потоку позитивних іонів, але щільність цього струму $J_{i\delta}$, у порівнянні з величиною щільності загального розрядного струму, вважають дуже малою. Протилежна точка зору мотивовано стверджується в інших роботах. В дослідженнях [7] потік позитивних іонів, що надходить із зони від'ємного випромінювання, виявився достатньо суттєвим. Наприклад, у дослідженнях авторів [8] в нормальному розряді, що жевріє, з алюмінієвим катодом, значення коефіцієнта δ знаходяться в межах 0,798 - 0,87. Отже, в цьому питанні є розбіжності за величиною потоку позитивних іонів із від'ємного випромінювання та стосовно впливу δ -процесів у створенні даних іонів.

Швидкий електрон, котрий утворився в темному круковому просторі, влітаючи в плазму від'ємного випромінювання, заряджає її негативно на один заряд і тим самим змінює величину потенціалу простору плазми. Електрони, входячи в плазму, порушують її електричну нейтральність. У результаті δ -процесів, із плазми від'ємного випромінювання виходять у темний круковий простір на кожен електрон, що влітає, δ позитивних іонів. У результаті цього потенціал плазми змінюється ще більше, і вона зарядиться уже на $(\delta + 1)$ негативних зарядів. Оскільки позитивні іони не надходять у дану плазму, то вона повинна сильно заряджатися негативно. Але це суперечить умовам стаціонарності розряду та електричної нейтральності плазми. Дане протиріччя не розглядається в указаних джерелах, не піднімається воно і в останніх роботах із питань дослідження катодної області розряду.

Після входу у від'ємне випромінювання швидкий електрон витрачає свою енергію eU в непружних зіткненнях на збудження та іонізацію нейтраль-

них атомів та молекул до тих пір, доки його енергія не буде менше енергії, що необхідна для іонізації, або збудження. Далі електрон стає тепловим та відноситься до основної частини електронів плазми від'ємного випромінювання. В результаті такої взаємодії з плазмою швидким електроном створюється декілька нових пар іонів і електронів та певна кількість фотонів $\sum_{i=1}^n hv_i$.

Наслідком вказаної взаємодії швидких електронів із плазмою в її об'ємі, є утворення достатньо великої щільності позитивних іонів та електронів. Щільність іонів та електронів у сусідніх зонах катодної області значно нижче та вона, згідно зондових вимірів, менша на два – три порядки. В ці зони під дією сил дифузії направляються зарядоносії. Однак тут дифузія проходить вибірково. В темному кружковому просторі відбувається дифузія тільки позитивних іонів, що й обумовлює на катодній межі плазми від'ємного випромінювання δ -процеси. На цій межі неможлива дифузія електронів у наслідок того, що вони будуть виштовхуватися сильним електричним полем кружкового простору. Електрони на вказаній межі зупиняються електричним полем приблизно в одній площині та повертають назад. Електронам залишиться тільки дифундувати у фарадеевський простір, в якому вони приєднуються до дрейфу в напрямку аноду. Дифузія позитивних іонів у фарадеевський простір, також обмежується електронним полем аноду.

При взаємодії швидкого електрона з плазмою, надлишок від'ємного заряду, виноситься в фарадеевський простір дифузією електронів. При кожному вході електрона в плазму з боку катода з неї виходить $(\delta + 1)$ електронів у фарадеевський простір. Слід відмітити, що через анодну межу плазми повинно вийти більше електронів, ніж вийшло їх через катодну межу, а саме, більше на δ електронів. Даний процес на анодній межі плазми можна характеризувати коефіцієнтом f , котрий виражається відношенням

$$f = (\delta j_{ek} + j_e) / j_{ek} = \delta + 1, \quad (2)$$

де j_e – щільність електронів, котрі виходять із плазми в фарадеевський простір; j_{ek} – щільність електронів, що входять у плазму із кружкового простору.

Процеси δ та f , котрі відбуваються на кордонах плазми від'ємного випромінювання, показують, що під дією швидких електронів із плазми виходять як іони, так і електрони. Оскільки δ та f - процеси обумовлені однією причиною - входженням енергетичного електрона, вказану емісію можна характеризувати одним коефіцієнтом ν за відношенням

$$\nu = (j_i + \delta j_{ek} + j_e) / j_{ek} = 2\delta + 1. \quad (3)$$

Коефіцієнт ν показує, скільки повільних іонів та електронів виходить із плазми від'ємного випромінювання після входження в неї одного швидкого електрона з боку катода.

Зімітований іон та електрони є тепловими і відносяться до основних зарядоносіїв, котрі утворюють

плазму від'ємного випромінювання, енергія швидкого електрона витрачається тільки на їх утворення в процесі іонізації без передачі їм кінетичної енергії.

Коефіцієнт ν характеризує взаємодію швидкого електрона з плазмою, оскільки оцінює як іонну, так і електронну емісію плазми.

Важливість коефіцієнта ν полягає також в тому, що ця емісія є одним із каналів, за котрим витрачається частина енергії eU швидкого електрона. Вимірявши експериментально δ , а потім і ν можна встановити, яка доля енергії eU витрачається на створення 2δ нових іонів та електронів.

Деяка частина енергії eU швидкого електрона в плазмі від'ємного випромінювання витрачається на збудження нейтральних частинок газу, в результаті чого плазма імітує резонансне випромінювання в кількості $\sum_{i=1}^n hv_i$ фотонів. Також слід враховувати, що не всі новоутворені іони та електрони імітують із плазми в сусідні зони. Оскільки в плазмі від'ємного випромінювання напруженість електричного поля мала (складає всього 0,5- 1,0 В/см), а середня енергія електронів та іонів не перевищує 1 eВ, то за умови значної щільності зарядоносіїв $n_e = 10^{11}$ см⁻³, яка в дійсності має місце, створюються оптимальні умови для протікання рекомбінаційних процесів. [9]. Як наслідок, частина утворених іонів та електронів рекомбінує між собою та випускає рекомбінаційне випромінювання в кількості $\sum_{i=1}^n hv_i$ фотонів.

Із урахуванням вищезазначеного, в плазмі від'ємного випромінювання частина енергії eU швидкого електрона перетворюється в енергію потоку Φ резонансного та рекомбінаційного випромінювання

$$\Phi = \sum_{i=1}^n hv_i + \sum_{i=1}^n hv_j. \quad (4)$$

Ще одним каналом, за яким витрачається помітна доля енергії швидкого електрона в плазмі від'ємного випромінювання, є амбіполярна дифузія, в результаті якої електрони, а вслід за ними іони переходять на стінки розрядної трубки та зникають там в процесі поверхневої рекомбінації. Кожна пара іона та електрона втрачає енергію W_a на одиницю довжини циліндричної розрядної камери, радіуса R :

$$W_a = 2\pi R(e\varphi_i + k_e + k_i), \quad (5)$$

де $e\varphi_i$ – енергія, що виділяється під час поверхневої рекомбінації та випромінюється стінкою; k_e та k_i – середні кінетичні енергії електрона та іона, котрі переносяться на стінку.

Знаючи напруженість радіального електричного поля E_r та щільність іонного струму до стінки розрядної трубки j_r , можна записати енергію W_a , котра відноситься в процесі амбіполярної дифузії на одиницю довжини за одиницю часу, у вигляді:

$$W_a = 2\pi R \cdot j_r \cdot E_r \cdot S. \quad (6)$$

Плазма від'ємного випромінювання являє собою зіштовхувальну низькотемпературну плазму, а осно-

вним механізмом втрати електронів, у плазмі, є об'ємна та поверхнева електронна рекомбінація [10].

Під час взаємодії із плазмою від'ємного випромінювання швидкий електрон витрачає свою енергію eU на утворення емісії іонів та електронів, імітування резонансного та рекомбінаційного випромінювання та на перенесення енергії до стінок у процесі амбіполярної дифузії. На основі викладеного можна записати рівняння балансу енергії швидкого електрона

$$eU = 2\delta\bar{\varepsilon}_1 + \sum_{i=1}^n hv_i + \sum_{j=1}^m hv_j + 2\Pi R_{jT} E_T S, \quad (7)$$

де $\bar{\varepsilon}_1$ – середня енергія, що витрачається швидким електроном на створення однієї пари іона та електрона, з урахуванням пружних зіткнень [8]. U – напруга між анодом та катодом.

Під час руху електрона в сильному електричному полі кружкового простору поперечний переріз зіткнення з нейтральними частинками дуже малий. У даному випадку електрон так сильно прискорюється, що в межах середньої довжини пробігу, $\bar{\lambda}_e$ за умови взаємодії із електричним полем, набуває більше енергії, ніж втрачає її під час зіткнень. Із (7) випливає, що значна частина енергії швидких електронів витрачається на створення ν -процесів. Для кількісної оцінки цих процесів необхідно знайти метод визначення коефіцієнта ефективності плазми ν .

Дослідження поставленої задачі виконувалось на експериментальних трубках із нікелевими, залізними, мідними та алюмінієвими електродами. Пристрої мали механізм для переміщення електродів, положення котрих фіксувалося оптичним катетером. Газорозрядні трубки заповнювались гелієм, неоном, аргоном, воднем та азотом, в інтервалі тиску 65,5 - 619,6 Па. Проводились вимірювання катодного падіння потенціалу V_k та щільності загального розрядного струму j_0 . Товщина простору катодного падіння потенціалу d_k вимірювалась катететром та монохроматором МСД-2 зі світловодом діаметром 10^{-3} м. Світловод дозволив визначити, за контуром спектральної лінії, межу від'ємного випромінювання з темним кружковим простором із похибкою не більше 3%.

На описаних розрядних пристроях вимірювались ВАХ короткого розряду, що жевріє, до слабоаномального режиму. Вибір слабоаномального режиму проводився з урахуванням того, що б вторинна електронна емісія на катоді, згідно з [9], була обумовлена тільки потенціальним вириванням електронів, а значення коефіцієнта γ залишалось би постійними.

Величину нормального катодного падіння потенціалу V_k в короткому розряді, що жевріє, визначають у процесі переміщення анода відносно нерухомого катода за мінімальної напруги горіння. Протяжність плазми від'ємного випромінювання L вимірювалась, як різниця між відстанню l , на якій були розміщені електроди в короткому розряді та товщиною простору падіння потенціалу d_k , тобто $L = l - d_k$.

Виміряні значень V_k , d_p , в основному співпадають із [8]. У розрядах у неононі, гелії, аргононі та азоті з нікелевим катодом, значення d_p в літературних джерелах відсутні та встановлені без співставлення в даних дослідженнях. У відповідності з викладеним механізмом елементарних процесів, що проходять в короткому розряді, що жевріє, щільність загального розрядного струму j_0 дорівнює:

$$j = j_e(x) + j_i(x) + j_\delta, \quad (8)$$

де $j_e(x)$ – щільність електронного струму, котра створюється первинними електронами в процесі об'ємної іонізації у сильному електричному полі темного кружкового простору; $j_i(x)$ – щільність іонного струму, яка утворюється в тому ж просторі.

Значення $j_e(x)$ та $j_i(x)$ за законом іонізаційного розповсюдження, відповідно рівні, для будь-якої точки кружкового простору

$$j_e(x) = j_{ek} \exp(\bar{\alpha}x), \quad (9)$$

$$j_i(x) = j_{ek} [\exp(\bar{\alpha}x) - \exp(\bar{\alpha}d)]. \quad (10)$$

Іонний струм, котрий створюється на кордоні від'ємного випромінювання з темним кружковим простором δ -процесами, визначається виразом:

$$j_\delta = \delta j_e(x=d) = \delta \cdot j_{ek} \exp(\bar{\alpha}d). \quad (11)$$

На основі закону збереження заряду j_δ постійна впродовж всього простору падіння потенціалу до самого катода. j_{ek} – щільність електронного струму на катоді за умови, що $x=0$, створена в γ -процесах всіма позитивним іонами, що падають на катод. Для її визначення використовувались експериментальні значення j_0 та опубліковані в літературі величини γ для відповідних комбінацій роду газу та матеріалу катода.

Оскільки $\gamma = j_{ek}/j_{ik}$, де j_{ik} – щільність загального іонного струму на катоді, $j_{ik} = j_i(x) + j_\delta$, то у цьому випадку на катоді $j_0 = j_{ek} + j_{ik}$, або $j_0 = j_{ek} + j_{ik}/\gamma = j_{ek}(1 + 1/\gamma)$, тоді:

$$j_{ek} = \gamma \cdot j_0 / (1 + \gamma). \quad (12)$$

Підставляючи в рівняння (8) значення $j_e(x)$, $j_i(x)$ та j_δ , за умови, що $x=d$ та розв'язавши його, отримаємо значення коефіцієнта f .

Даний коефіцієнт характеризує кількість повільних електронів, котрі виходять із зони від'ємного випромінювання в бік аноду на один швидкий електрон, що влітає в дане випромінювання з боку катода:

$$f = j_0 / j_{ek} (\exp(\bar{\alpha}d)), \quad (13)$$

де $\bar{\alpha}$ – середнє значення коефіцієнта іонізації котре визначилося за методом наведеним у [7] та [8], з урахуванням експериментального розподілу ефективного поперечного перерізу іонізації:

$$\bar{\alpha}/P = (1 + N_0)/(P \cdot d), \quad (14)$$

$$N_0 = p_0 \int_0^d Q(x) dx, \quad (15)$$

де $Q(x)$ – розподіл ефективного поперечного перерізу іонізації. Точне визначення α задовільно співпадає з $\bar{\alpha}$, котре згідно з [8] знаходилось за виразом:

$$\bar{\alpha}/P = \frac{1}{p \cdot d} \int_0^d \alpha dx, \quad (16)$$

Значення α визначалось за відомим способом із [9] за умови, що на катоді $x = 0$, $E = 5/3 \cdot V_k/d$ та $x = d$, $E = 0$. Для слабоаномального режиму розряду, що жевріє, обидва способи цілком задовольняють виконання поставленого завдання. Автор роботи [9], використовуючи найбільш надійні експериментальні значення $Q(x)$ та обчислюючи інтеграл виразу (14), визначали $\bar{\alpha}$. Для нормального розряду, що жевріє, в аргоні з залізним катодом $\bar{\alpha}/P = 6,8 \cdot 10^{-4}$ м · Па

Значення $\bar{\alpha}/P$, знайдене за виразом (16), становить $6,75 \cdot 10^{-4}$ м · Па. Розбіжність у визначенні $\bar{\alpha}/P$ не незначна. Визначивши значення $\bar{\alpha}/P$, можна знайти величину коефіцієнта f (із виразів (13) та (12)):

$$f = (1 + \gamma) / (\gamma \cdot \exp(\bar{\alpha}d)). \quad (17)$$

Досить легко визначити коефіцієнт δ , оскільки $f = \delta + 1$. Загальний коефіцієнт іонно-електронної емісії можна визначити як $\nu = 2\delta + 1$ із виразу (3). Співвідношення балансу енергії швидких електронів можна знайти, як частину енергії eU , котра витрачається на створення 2δ нових іонів та електронів:

$$G = 2\delta \varepsilon_i / (eU). \quad (18)$$

На підставі експериментальних значень j_0 , V_k , d і опублікованих величин γ в роботах [8, 9] визначені коефіцієнти δ , ν , G , котрі характеризують взаємодію швидкого електрона з плазмою від'ємного випромінювання для розряду в гелії, неоні, аргоні, водні та азоті з нікелевим катодом.

Висновок

У рамках проведених досліджень встановлено:

- сформовані канали втрати енергії швидкого електрона в плазмі;

- енергія швидкого електрона витрачається на емісію електронів та іонів плазми від'ємного випромінювання;
- найменший прояв цієї емісії спостерігається в розрядах з аргонним наповненням із нікелевим, залізним та алюмінієвим катодами;
- уведено новий коефіцієнт, що характеризує процеси, котрі відбуваються на кордоні плазми, в залежності від поведінки енергетичного електрона;
- запропонована теоретична модель використання розподілу енергії швидкого електрона;
- експериментально підтверджена адекватність запропонованої теоретичної моделі;
- модель забезпечує чітке формування шляхів впливу на плазму, з метою забезпечення надійного зв'язку із КА.

Список літератури

1. Литвина З. Ю. О возможности передачи информации через плазму / З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2007. – № 9. – С. 127–128.
2. Коржавый А.П. О распределении потенциала в катодном слое тлеющего разряда / А. П. Коржавый., В.И. Кристья // Журнал технической физики. 1993, №. 2. с. 200.
3. Lucas J. Brit. J. Appl. Phys., 1963, v 14, p. 714.
4. Davies A. J., Evans J. G. J. Phys. D: Appl. Phys. 1980, 13, N9, 161.
5. A. Von Engel. Electric plasmas: their nature and uses. London, Taylor and Francis, Ltd., 1983, 254 p.
6. Hantzsche E., Wieczorek L. W. Beitr. Plasmaphys. 1965. 5, N 4, p. 255.
7. Грановский В.Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток. М: Наука, 1971, – 543 с.
8. Smirnov B. M. Theory of Gas Discharge / B. M. Smirnov // Plasma Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland. – 2015. – P 423
9. Hantzsche E. Space charge sheaths with electron emission// Proc. 21 EPS Conf. Contr. Plasma Phys., Montpellier, 1994. Pt.II, p. 926- 929.
10. Townsend J. S. Theory of Ionization of Gases by Collision (Classic Reprint), London Constable & Company Ltd - Gerstein - University of Toronto. 2015. – 112 p.

Надійшла до редколегії 10.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАНАЛОВ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБОЛОЧКИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ И ЗАТУХАНИЙ СИГНАЛОВ СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

А.В. Шефер

В статье сформированы каналы потери энергии быстрого электрона в плазме. Введен новый коэффициент, который однозначно характеризует процессы, происходящие на границе плазмы, в зависимости от поведения энергетического электрона. Предложенная теоретическая модель использования распределения энергии быстрого электрона, подтвержденная экспериментально, в зависимости от рода газа и материала катода. Данная модель обеспечивает четкое формирование путей воздействия на плазму, с целью обеспечения надежной связи с КА.

Ключевые слова: космический аппарат, радиосвязь, плазма, энергия электрона, модель распределения энергии, коэффициент эффективности плазмы, излучение.

PLASMA'S MEMBRANE CHANNELS OF ELECTRONS' LOSS ENERGY USING TO MINIMIZE THE DISTORTIONS AND ATTENUATION OF SIGNAL CONNECTION WITH SPACECRAFT

O.V. Shefer

In article the channels of fast electrons' energy loss in the plasma are generated. Was put A new factor, which clearly characterizes the processes that occur at the plasma's boundary, depending on the electron's energy behaviour is introduced. The theoretical model of fast electron's energy distribution using, confirming experimentally, depend on the gas type and cathode material. This model provides a clear influence on the plasma formation in ways to ensure the reliable communications with spacecraft.

Keywords: spacecraft, radio connection, plasma, electron's energy, model of energy distribution, plasma's efficiency factor, radiation.

УДК 621.391

А.В. Шишацький¹, К.М. Гриценко², В.К. Чумак², А.А. Завада³¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ³Житомирський військовий інститут імені С.П.Корольова, Житомир

МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ БАГАТОАНТЕННИХ СИСТЕМ З ШУМОПОДІБНИМИ СИГНАЛАМИ

У статті запропоновано методику управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами. Зазначена методика заснована на адаптивному управлінні параметрами багатоантенних систем, що використовують шумоподібні сигнали при динамічній зміні сигнально-завадової обстановки.

Ключові слова: сигнально-кодова конструкція, швидкість передачі інформації, ймовірність бітрової помилки, радіоелектронне подавлення, шумоподібні сигнали.

Вступ

Сучасні військові системи радіозв'язку (ВСРЗ) функціонують в складній радіоелектронній обстановці, що характеризується наявністю в каналі зв'язку навмисних завад та завмирань сигналу.

Однією з технологій, що дозволяють ефективно боротися з навмисними завадами та завмираннями сигналу, а також значно збільшити пропускну здатність радіоканалів є технологія „багато входів – багато виходів” (МІМО – Multiple-Input Multiple-Output) [1, 2].

У технології МІМО об'єднані просторово-часові методи прийому з використанням адаптивних антен і методи просторово-часового кодування і просторово-часового розділення сигналів.

Іншим напрямком підвищення ефективності ВСРЗ є надширокопasmові сигнали (UWB - Ultra wide band). Надширокопasmові сигнали (НШСС) мають високу завадозахищеність, можливість адаптивного управління параметрами, низький, шумоподібний рівень сигналу, ефективне використання радіочастотного ресурсу.

Проте НШСС мають невелику дальність зв'язку та недостатню швидкість передачі інформації. Класичні НШСС не мають механізмів формування діаграми направленості на кореспондента [3].

Стратегічним напрямом при вирішенні задачі підвищення ефективності ВСРЗ є створення гібридних інформаційних технологій, що об'єднують переваги традиційних технологій без їх недоліків [4, 5].

Тому *метою статті* є розробка методики управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами.

Результати досліджень

Методика управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами складається з наступних етапів.

1. Введення вихідних даних. Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, а також значення допустимої величини ймовірності помилкового приймання сигналів $P_{б доп}$ та мінімально необхідної швидкості передачі інформації $v_{i доп}$.

2. Оцінка стану каналу зв'язку

За допомогою відомих методів оцінки стану каналу зв'язку [6] та розробленого в [7] методики оцінки проводиться оцінювання стану каналу зв'язку.

3. Вибір робочих частот з урахуванням стратегії засобів радіоелектронного подавлення

На підставі розробленого в роботах [8, 9] науково-методичного апарату вибору робочих частот для засобів військового радіозв'язку проводиться аналіз радіочастотного ресурсу під час якого здійснюється визначення подавлених частотних діапазонів та стратегії комплексів радіоелектронного подавлення.

4. Прогнозування стану каналу зв'язку

Розглянемо принцип прогнозування стану каналів зв'язку, що реалізований за допомогою розробленої в [10] методики.

В лінійному тракці прийомопередавача засобу радіозв'язку (ЗРЗ) виділяється смуга субчастот $f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{cN}$, що розміщені біля однієї фіксованої частоти f_{ϕ} . По всій смузі частот здійснюється підтримання сталого рівня сигналу за допомогою цифрової системи автоматичного регулювання потужності передавача. Цифровий синтезатор частот формує сітку сигналів, що надходить на демодулятор.

Таким чином, при відсутності корисного сигналу на виході демодулятора формуються відліки $Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{iN}$, в кожен момент $t_i, i = 1, 2, \dots$ дискретного часу.

Основна задача статистичного аналізу випадкових полів спостереження $Z_{ij}, i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots, N$, є побудова полів спостереження $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$ квантилів полів та вибір номерів $j_{01}, j_{02}, \dots, j_{0m}$, субчастот, в яких квантилі завод, та ймовірності бітових помилок будуть мінімальні. Отримані номери субчастот надходять на блок управління.

Оцінювання полів квантилів завод пропонується здійснювати в два етапи.

На першому етапі здійснюється фільтрація полів квантилів в кожному субканалі незалежно один від одного.

Для цього відліки завод в блоках цифрової фільтрації на кожній j -й субчастоті $Z_{ij}, i = 1, 2$, порівнюються зі змінюючим пороговим рівнем $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2$.

Якщо черговий i -й відлік Z_{ij} перевищує пороговий рівень \hat{x}_{ij} , то значення \hat{x}_{ij} збільшується на величину Δ . Це відбувається з ймовірністю

$$P = \int_x^{\infty} w(z_{ji}) dz_{ji},$$

де $w(z_{ji})$ – щільність розподілу ймовірностей відліків на виході демодулятора j -го частотного каналу в момент часу t_i , p - заданий рівень дійсного значення квантилі x_{ij} .

Регулярно, через $1/p$ часових інтервалів, значення оцінки \hat{x}_{ij} знижується на величину Δ . Таким чином, кожний цифровий фільтр може бути представлений у вигляді автоматичної системи підстроювання рівня квантилі з цифровим інтегратором. Порівняння рівня Z_{ij} з рівнем \hat{x}_{ij} виконується пороговим елементом.

Зазначену систему оцінювання квантилі на одному підканалі можна розглядати як варіант реалізації псевдоградієнтного адаптивного алгоритму прогнозування стану каналів управління та передачі даних БпАК.

5. Визначення кількості антен у системі MIMO

На зазначеному етапі обирається, в залежності від стану каналу зв'язку, кількість передавальних та приймальних антен для ЗРЗ ($N_{\text{пд}} \times N_{\text{пм}}$), з урахуванням необхідного відношення сигнал/шум та необхідної швидкості передачі.

Таким чином, якщо задати допустиму швидкість передачі MIMO – системи, усередненої по флукутаціям сигналів v_{Σ} , тоді порогове значення

$\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ для відбору необхідної кількості найбільш потужних власних каналів можна знайти з рівняння:

$$P\left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}, Q_0^2\right) = 1 - \frac{v_{\Sigma}}{v_{\text{max}}}.$$

Отже $\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ залежить від середнього відношення сигнал/шум Q_0^2 , від заданої швидкості передачі даних

$$v_{\Sigma} = \left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)} = \lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}(Q_0^2, v_{\Sigma}) \right)$$

і збільшується зі зростанням відношення сигнал/шум Q_0^2 .

6. Вибір параметрів НШСС

На зазначеному етапі відбувається створення формулюючого поліному, який в залежності від сигнально-заводової обстановки формує оптимальні параметри НШСС [3, 5].

7. Формування діаграми спрямованості.

Ідентифікація всіх напрямків надходження сигналу в середовищі з щільним багатопробним поширенням є складним науковим завданням.

Формування діаграми спрямованості (ДС) багатоантенних систем з надширококутовими сигналами відбувається шляхом проведення кластеризації джерел випромінювання, що описується таким виразом:

$$ДС(t_0, \Delta t, \theta) := \left(\int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} |y(t, \theta)|^2 dt \right)^{\frac{1}{2}},$$

де $y(t)$ - сигнал на виході формувача ДС, Δt - інтервал спостереження, t_0 - залежність від часу, кластер θ , відносно якого відбувається нормування діаграми спрямованості.

Висновки

1. В роботі запропоновано методика управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами.

Новизна розробленої методики полягає у виборі робочих частот з урахуванням стратегії комплексів радіоелектронного подавлення та прогнозуванні стану каналів зв'язку, а також адаптації параметрів гібридної MIMO-UWB-системи для підвищення ефективності функціонування військових систем радіозв'язку.

Напрямок подальших досліджень є розробка методики формування діаграми спрямованості гібридної MIMO-UWB-системи.

Список літератури

1. Слюсар В. Системи МІМО: принципи побудови та обробка сигналів / В. Слюсар // *Електроніка: Наука, Технологія, Бізнес*. – 2005. – № 8. – С. 52-58.
- 2.. Кувшинов О. В. Аналіз характеристик систем радіодоступу з технологією МІМО / О. В. Кувшинов, Д. А. Міночкін // *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. – Вип. № 3 – К.: ВІКНУ, 2006. – С. 51 – 56.
3. I. Guvenc and H. Arslan, "On the modulation options for UWB systems", in *Proc. IEEE Military Commun. Conf. (MILCOM)*, vol. 2, Boston, MA, October 2003, pp. 892-897.
4. Шишацький А.В. Концепція розвитку засобів радіозв'язку збройних сил провідних країн світу / Шишацький А.В., Жук О.Г. // *Збірник тез доповідей дванадцяті наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба "Новітні технології - для захисту повітряного простору"* :тези доповідей, 13-14 квітня 2016 року. -Х.:ХУПС ім. І. Кожедуба, 2016. – С.213.
5. Кувшинов О.В. Методологія оперативного управління радіоресурсом військових систем радіозв'язку/ О.В.Кувшинов // *V-та науково-технічна конференція „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення” 20-21 жовтня 2010 року, доповіді та тези доповідей, К., ВІПІ НТУУ „КПІ”*. - 2010.-С. 23-28.
6. Шишацький А. В. Аналіз існуючих методів оцінки стану каналу зв'язку / Шишацький А.В., Лютов В.В.// *VI Науково-технічна конференція "Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки"*.- Київ 2015.- С398.
7. Шишацький А.В. Удосконалена методика оцінювання параметрів сигналів з цифровими видами модуляції/ Шишацький А.В., Лютов В.В. ,Жук О.Г., Животовський Р.М./*Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. — 2016. — № 4(25). — С. 117-121.
8. Шишацький А. В. Алгоритм вибору робочих частот для засобів військового радіозв'язку в умовах впливу навмисних завад / А. В. Шишацький, В. В. Ольшанський, Р. М. Животовський // *Системи озброєння і військова техніка*. – 2016. – № 2. – С. 62-66.
9. Шишацький А.В. Методика вибору резервних робочих частот в системах радіозв'язку з псевдовипадковою перестроювальною робочою частотою/ А.В. Шишацький, О.В .Кувшинов // *Дванадцята наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імен Івана Кожедуба "Новітні технології - для захисту повітряного простору "*, тези доповідей, 13-14 квітня 2016 року. -Х.:ХУПС ім. І. Кожедуба, – 2016. – с.214.
10. Животовський Р.М. Методика вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління та передачі даних / Р.М.Животовський // *Системи управління, навігації та зв'язку* — 2016. — П.: ПНПУ ім. Ю. Кондратюка № 1(37)— С. 120-125.
11. R. Tesi, M. Hamelainen, J. Linatti, and V. Hovinen, "On the influence of pulsed jamming and coloured noise in UWB transmission", in *Proc. Finnish Wireless Commun. Workshop (FWCW)*, Espoo, May 2002.
12. M. G. Di Benedetto, L. De Nardis, M. Junk, and G. Giancola, "(UWB)2: uncoordinated, wireless, baseborn medium access control for UWB communication networks", *Journal of Mobile Networks and Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 663-674, October 2005.
13. I. Maravic and M. Vetterli, " Sampling and reconstruction methods for signals of finite rate of innovation in the presence of noise", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 53, no. 8, pp. 2788-2805, August 2005.

Надійшла до редколегії 5.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Кувшинов, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ.

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МНОГОАНТЕННЫХ СИСТЕМ С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ

А.В. Шишацкий, К.Н. Гриценко, В.К.Чумак, А.А. Завада

В статье предложена методика управления параметрами многоантенных систем с шумоподобными сигналами. Указанная методика основана на адаптивном управлении параметрами многоантенных систем, которые используют шумоподобные сигналы при динамическом изменении сигнально-помеховой обстановки.

Ключевые слова: сигнально-кодовая конструкция, скорость передачи информации, вероятность битовой ошибки, радиоэлектронное подавление, шумоподобные сигналы.

METHODOLOGY OF MANAGEMENT OF PARAMETERS OF MULTI-ANTENNA SYSTEMS WITH SOUND-SIGNAL SIGNALS

A.V. Shyshatskyi, K.N.Gritsenok, V.K.Chumak, A.A.Zavada

The article proposes a technique for controlling the parameters of multi-antenna systems with noise-like signals. This technique is based on the adaptive control of parameters of multi-antenna systems that use noise-like signals when the signal-noise environment changes dynamically.

Keywords: signal-code construction, information transfer rate, probability of bit error, radio-electronic suppression, noise-like signals.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Артёмов М.П.	38	Кононов В.Б.	120	Сілін С.О.	114
Безсонов О.С.	57	Корж Ю.М.	43	Сільвестров А.М.	129
Берковський В.В.	57	Курчанов В.М.	43	Слюсар В.І.	133
Бороздін М.К.	7	Кучук Н.Г.	80	Слюсарь І.І.	133
Борщ В.В.	4, 11	Лебедев А.Т.	38	Смоляр В.Г.	133
Борщ О.Б.	11	Левченко Д.Д.	84	Сокол Г.В.	104
Бульба С.С.	63	Лещинська І.О.	48	Стрельницький О.О.	66
Варич В.В.	104	Лещинський В.О.	48	Тамахін Г.В.	31
Веселовський М.В.	69	Лисенко Д.Е.	88	Тиртишніков О.І.	43
Волошко С.В.	133	Лукова-Чуйко Н.В.	120	Ткачов В.М.	117
Галай В.М.	14	Мавріна М.О.	43	Ткачук М.В.	93
Гамзаєв Р.О.	93	Мальцев В.П.	38	Хижняк І.А.	34
Глива В.А.	18	Мартінкус І.О.	93	Худов В.Г.	34
Глуховець Ю.В.	104	Мінтус А.М.	24	Чаузов О.М.	120
Гонтар М.М.	129	Мінухін С.В.	98	Чумак В.К.	143
Гриценко К.М.	143	Москаленко А.О.	104	Шевченко С.М.	77
Дзівіцький В.Д.	31	Нелюба Д.М.	129	Шефер О.В.	139
Дорогобід В.П.	7	Нечаусов С.М.	80	Шишацький А.В.	143
Єрмілова Н.В.	73	Обод А.І.	108	Шокотько Д.В.	63
Жебка В.В.	77	Онищенко В.В.	77	Шостак І.В.	114
Завада А.А.	143	Остапенко О.С.	73	Штих І.А.	28
Здановський В.Г.	18	Петров О.А.	34	Шульга О.В.	4, 11
Кислиця С.Г.	21	Прищепа О.В.	111	Шуляк М.Л.	38
Коваленко В.В.	18	Ребров О.Ю.	51	Яцина Д.Ю.	124
Кожушко Г.М.	21	Резанов Б.М.	63		
Козелков С.В.	7	Свид І.В.	28		

Наукове видання

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Збірник наукових праць

Випуск 3 (43)

Відповідальна за випуск *К. С. Козелкова*Технічний редактор *Т. В. Уварова*Коректор *О. В. Морозова*Комп'ютерна верстка *Н. Г. Кучук*Оформлення обкладинки *І. В. Льїна*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 18,25. Тираж 200 прим. Зам. 517-17

Адреса редакції: Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, тел. (066) 706-18-30
Полтавський національний технічний університет імені Юрія КондратюкаВіддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 2480000000106167 від 08.01.2009.61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabrik@mail.ua