

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2019.**  
**Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів,  
викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів

15–19 квітня 2019 року

Електронне видання комбінованого  
використовування на DVD-ROM

м. Запоріжжя

УДК 621.3+004+519.6  
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою  
Запорізького національного технічного університету  
(Протокол №10 від 03.06.2019 р.)*

Упорядник Фурманова Н.І.

Редакційна колегія:

*Наумик В. В.*, д-р техн. наук, професор (відпов. ред.)  
*Прушківський В. Г.*, д-р екон. наук, професор  
*Кузькін О.Ф.*, канд. техн. наук, доцент  
*Глушко В.І.*, канд. техн. наук, доцент  
*Климов О.В.*, канд. техн. наук, доцент  
*Антонов М.Л.*, канд. техн. наук, доцент  
*Савченко В.О.*, канд. техн. наук, доцент  
*Кабак В.С.*, канд. техн. наук, доцент  
*Касьян М.М.*, канд. техн. наук, доцент  
*Корольков В.В.*, канд. екон. наук, доцент  
*Дєдков М.В.*, канд. іст. наук, доцент  
*Васильєва О.О.*, канд. фіз.-мат. наук, доцент  
*Пуцина І.В.*, канд. пед. наук, доцент  
*Філей Ю.В.*, канд. юр. наук, доцент  
*Гайворонська Т.О.*, канд. філос. наук, доцент  
*Сажєєв В. М.*, канд. техн. наук, доцент  
*Висоцька Н. І.*, начальник патентно-інформаційного відділу

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, представленого авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

**Т39 Тижень науки-2019. Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій.** Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15–19 квітня 2019 р. [Електронний ресурс] / Редкол. :В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.  
ISBN 978-617-529-223-5.

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, які проводяться на факультеті радіоелектроніки та телекомунікацій Запорізького національного технічного університету. Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

ISBN 978-617-529-223-5.

© Запорізький національний  
технічний університет (ЗНТУ), 2019

## ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ» .....	8
<i>Бугрова Т.І.</i> Класифікація метаматеріалів за їх властивостями8	
<i>Поляков М.О.</i> Перспективи вивчення когнітивної науки в процесі підготовки магістрів і PhD студентів.....	10
<i>Логачова Л.М.</i> Поглинаючий хвилеводний фільтр гармонік великої потужності .....	11
<i>Мороз Г.В., Чорнобородов М.П.</i> Синтез ансамблів псевдовипадкових послідовностей .....	13
<i>Мороз Г.В., Садовський О.С.</i> Аналіз перерозподілу абонентського навантаження в стільниковому зв'язку .....	15
<i>Логачова Л.М., Садовський О.С.</i> Інтелектуальні антенні системи .....	17
<i>Чорнобородов М.П., Новітченко В.С.</i> Нові кодові послідовності для фазової маніпуляції .....	19
<i>Бугрова Т.І., Поляруш Д.А.</i> Антена широкосмугового доступу до інтернету з використанням технології МІМО .....	22
<i>Самойлик С.С., Мороз Г.В., Бондарев М.І.</i> Метод боротьби із завадами в технології Li-Fi .....	24
<i>Морицавка С.В., Чудеснова О.Є.</i> Аналіз передачі даних технологією Li-Fi в різних умовах розповсюдження світла... 25	
<i>Сметанін І. М., Шерстобітова А.І.</i> Комплексна інформаційна система в громадському транспорті .....	27
<i>Костенко В.О., Калюжний А.Г.</i> Система контролю та керування вологістю при високих температурах .....	29
<i>Кабак В.С., Шараєвська О.А.</i> Моделювання конкурентних протоколів множинного доступу .....	30
<i>Кабак В.С., Баранов В.А.</i> Моделювання каналу зв'язку з використанням DS-CDMA .....	32
СЕКЦІЯ «МІКРО-ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА» .....	35

<i>Коротун А.В., Погосов В.В., Курбацький В.П., Белякін Ю.Ю.</i> Діелектрична функція біметалевих наночастинок .....	35
<i>Нагорна Н.М.</i> Оптимізація структури нестационарної системи регулювання .....	37
<i>Матюшин В.М., Павлюк В.Є.</i> Створення випрямляючої напівпровідникової структури при низькотемпературній дії активного водневого середовища .....	44
<i>Matyushin V.M., Velikanov M.V.</i> Stimulation of diffusion processes in structure copper film - Germany under atomic Hydrogen .....	46
<i>Гавриленко Д.В.</i> Системи автоматичного управління в САЕ .....	49
<i>Алексєєнко І.О., Василенко О.В.</i> Автоматизоване проектування мехатронних систем .....	50
<i>Нікішин В.В., Рева В.І.</i> Автоматичне керування штучного освітлення вітрин та зовнішніх рекламних щитів .....	52
<i>Степаненко Т.В., Василенко О.В.</i> Макромодельовання фотодіодів в ECAD .....	54
<i>Медведков С.С., Василенко О.В.</i> Автоматизована система розумний будинок «Smart-house» .....	56
<i>Нагорна Н.М., Жуков Ю.П.</i> Опис функціонально-логічних блоків мовами високого рівня на базі САПР з електроніки ...	58
<i>Нагорна Н.М., Чирва С.Г.</i> Аналіз пропускну здатності каналів МІМО-систем .....	61
СЕКЦІЯ «МЕТРОЛОГІЯ» .....	68
<i>Погосов В.В., Коротун А.В., Курбацький В.П.</i> Про вимірювання роботи виходу електронів металу фотоелектричним методом .....	68
<i>Курбацький В.П., Погосов В.В., Коротун А.В., Пехотін Д.А.</i> До питання про граничну роздільність електронного мікроскопу .....	70
<i>Курбацький В.П., Погосов В.В., Коротун А.В., Малиш Р.О.</i> Розрахунок шумових характеристик приладів нанометрології .....	72

<i>Бистров Я.В., Степаненко С.М.</i> Місце і роль відділу технічного контролю в системі менеджменту якості.....	74
<i>Нестеренко Ю.А., Сніжної Г.В.</i> Системи якості освіти Європи та США. Вдосконалення системи якості освіти України .....	76
<i>Сніжної Г.В., Чумак К.І.</i> Забезпечення якості виробів на підприємстві.....	78
СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ».....	79
<i>Шило Г.М., Фурманова Н.І.</i> Створення освітнього середовища у віртуальній реальності .....	79
<i>Фурманова Н.І., Поспєєва І.Є.</i> Математичні методи у наукових дослідженнях в галузі радіoeлектроніки .....	81
<i>Фарафонов О.Ю.</i> Використання лазерних систем в задачах оцінки розмірів об'єктів на конвеєрі .....	84
<i>Малий О.Ю., Піроженко О.О.</i> Оптимізація задачі покриття площі підводними роботами з централізованим управлінням методом диференціації території .....	86
<i>Куляба-Харитонова Т.І., Сивоненко С.О.</i> Створення бібліотеки компонентів в Altium Designer у вигляді бази даних з інтеграцією в систему електронного документообігу .....	88
<i>Фурманова Н.І., Кроленко С.Р.</i> Методи та технології 3D сканування .....	90
<i>Малий О.Ю., Скрипник В.В.</i> Віддалене управління станами вузлів на виробництві зварювальних електродів .....	93
<i>Поспєєва І.Є., Моздалевський М.В.</i> Особливості використання десяткової матриці пошуку у наукових дослідженнях в галузі радіoeлектроніки .....	94
<i>Фурманова Н.І., Бучко І.В.</i> Методика викладання практичних занять з програмування на базі платформи Arduino .....	96
<i>Фурманова Н.І., Надворна В.Р., Деркач Д.В.</i> Застосування масових відкритих онлайн курсів для вивчення радіотехнічних спеціальностей .....	98
СЕКЦІЯ «ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ» .....	101

<i>Гайтота Є.В., Гальперін Д.В., Козіна Г.Л. Оцінювання спотворення витягнутого зображення зі стежок контейнеру...</i>	101
<i>Чуницька В.В., Козіна Г.Л. Проблеми безпеки системи Bitcoin</i>	103
<i>Гуменяк Д.В., Неласа Г.В. Використання сучасних технологій програмування в задачах захисту інформації</i>	105
<i>Кохан О.В., Куцак С.В. Безпека «нульової довіри»</i>	106
<i>Хемішінець Є.В., Куцак С.В. Аналіз загроз інформаційної безпеки системи «розумний дім»</i>	108
<i>Лізунов С.І., Кадулін М.О. Використання аналізаторів спектра для захисту інформації</i>	110
<i>Лізунов С.І., Розумовський К.І. Застосування екрануючих конструкцій для захисту інформації</i>	112
<i>Воскобойник В.О., Баранов А.А. Аналіз захищеності ERP систем і розробка політики їх безпеки</i>	115
<i>Воскобойник В.О., Лагунов І.А. Експертна система оцінки ефективності захисту інформації</i>	117
<i>Воскобойник В.О., Єфіменко М.М., Слива О.М. Оцінка ефективності захисту акустичної інформації</i>	119
<i>Щекотихін О.В., Шестопалов О.О., Старченко М.І. Захист інформації з використанням масок постійної довжини</i>	121
<i>Щекотихін О.В., Грачов М.Ю. Захист інформації з використанням масок змінної довжини</i>	123
<i>Светлов М.К., Корольков Р.Ю. Огляд алгоритмів розпізнавання облич</i>	125
<i>Щекотихін О.В., Карпуков Л.М., Савченко Д.К. Спосіб захисту інформації у ВОЛЗ від несанкціонованого доступу</i>	127
<i>Куцак С.В., Корольков Р.Ю. Оцінка захищеності систем мобільного зв'язку</i>	129
<i>Карпуков Л.М., Савченко Д.К., Щекотихін О.В. Пристрій захисту інформації у ВОЛЗ від несанкціонованого доступу</i>	131
<b>СЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»</b>	133
<i>Масиновський Ю.В. Деякі спеціальні функції та їх застосування</i>	133

<i>Павелко О.О., Коротунова Е.В.</i> Фрактали в комп'ютерній графіці.....	133
<i>Коротунова О. В., Нечипоренко Н.О.</i> Про чисельне розв'язання динамічних задач руйнування конструкцій .....	135
<i>Гальченко В.В., Коротунова О.В.</i> Моделювання реальних процесів диференціальними рівняннями .....	136
<i>Лактіонов В.В., Коротунова О.В.</i> Застосування матричної алгебри в обробці цифрових зображень .....	138
<i>Щербина О.А., Шишканова Г.А.</i> Дослідження ринку електронної торгівлі .....	140
<i>Шишканова Г.А.</i> Маркетинг у електронній комерції.....	141
<i>Анпілогов Д.І.</i> Аналіз одного перехідного процесу .....	143
<i>Пожуєва І.С., Левицька Т.І.</i> Порівняльний аналіз динаміки складних оболонкових конструкцій .....	145
<i>Пожуєва І.С., Левченко А.М.</i> Аналіз математичних методів у криптографії .....	146
<i>Пожуєва І.С., Нікішов В.О.</i> Розв'язування економічних задач за допомогою елементів лінійної алгебри при використанні моделі Леонтьєва .....	148
<i>Нефьодов Є.О., Мізерна О.Л.</i> Застосування економіко-математичних моделей у кредитуванні сільськогосподарських підприємств .....	150
<i>Постнікова І. В., Мізерна О.Л.</i> Математичні моделі у зовнішньоекономічній діяльності .....	151
<i>Федюк Д.О., Мізерна О.Л.</i> Застосування метода Лагранжа у моделі поведінки споживача .....	153

## СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ»

УДК 621.396.67

Бугрова Т.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

### КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАМАТЕРІАЛІВ ЗА ЇХ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Метаматеріали - це штучно сформовані і особливим способом структуровані середовища, що мають електромагнітні властивості, які складно досягти технологічно і неможливо зустріти в природі, такі структури, чії електромагнітні властивості виходять за межі властивостей утворюючих їх компонентів. Все різноманіття природних і штучних середовищ можна класифікувати в залежності від значень їх діелектричної ( $\epsilon$ ) і магнітної ( $\mu$ ) проникностей (рис. 1). У майже всіх природних речовин діелектрична і магнітна проникності більше нуля. У зарубіжній літературі такі матеріали зазвичай називають DPS (double positive), підкреслюючи цим позитивність значень як  $\epsilon$ , так і  $\mu$  (правий верхній квадрант на рис. 1, а).

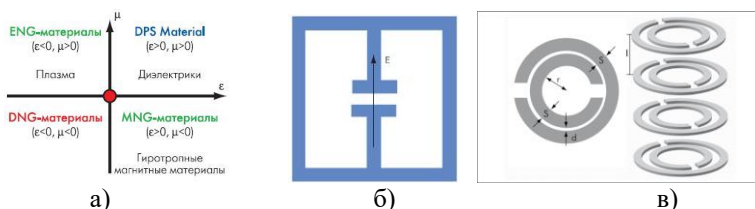


Рисунок 1 - Класифікація фізичних середовищ в залежності від знаку величин діелектричної ( $\epsilon$ ) і магнітної ( $\mu$ ) проникностей (а), ENG - і MNG-середовище у вигляді планарного коливального контуру (б) і дискретних вірізок рулетного елемента (в)

DNS-середовища вважаються прозорими для електромагнітних хвиль, якщо внутрішні втрати в них малі. Матеріали, у яких негативна  $\epsilon$  або  $\mu$ , називають SNG (single negative, мононегативні) [1]. В таких середовищах електромагнітні хвилі швидко згасають по експоненті. Вважають, що матеріали непрозорі для випромінювання, якщо їх товщина більше, ніж характерна товщина. Метаматеріали дозволяють скоротити розміри антен в десятки разів без погіршення їх електричних властивостей, в цьому полягає їх перевага. Найбільш відомим прикладом природного ENG-середовища є плазма, яка може бути або прозорою, або непрозорою для електромагнітних



хвиль, в залежності від частоти збудження  $\omega$ . Діелектрична проникність плазми за відсутності зовнішнього магнітного поля визначається як

$$\epsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}, \quad (1)$$

де  $\omega_p$  – радіальна плазмова частота, що залежить від щільності, величини заряду і маси носіїв зарядів. Нижче плазмової частоти діелектрична проникність негативна, і електромагнітні хвилі не можуть поширюватися через втрату середовищем прозорості. При  $\omega > \omega_p$  величина  $\epsilon > 0$ , і електромагнітні хвилі можуть проходити крізь іонізоване середовище (1). В якості штучних середовищ з негативною  $\epsilon$  однією з перших була запропонована система з тонких металевих проводів, розташованих паралельно з радіусом  $r = 1$  мкм і інтервалом між ними  $a = 5$  мм, при цьому радіальна плазмова частота становить приблизно 8,2 ГГц. ENG-матеріалом є також елементи зі структурою у вигляді індуктивних петель, утворених двома розрізаними рамками, які створюють взаємно протилежні магнітні поля, що компенсують одне одного. На основі таких структур отримано метаматеріал з негативним  $\epsilon$  в терагерцовому діапазоні. При міжелементних інтервалах у 50 мкм зовнішні габарити рамки склали всього 36 мкм, а ширина розрізу на центральній перемичці – 2 мкм. Для досягнення ізоτροпії метасередовища по відношенню до напрямку електромагнітних хвиль запропоновано тривимірні форми структуроутворюючих елементів. Основні структури, що використовуються для отримання MNG-середовищ, сьогодні включають тонкі вкладені металеві циліндри, структури типу "рулет", вкладені розрізні кільця,  $\Omega$ -подібні і прямокутні рамки і т.д. Найбільш важливі з них – подвійний кільцевої резонатор (splitring resonator, SRR) – дуже вдала структура, в якій ємність між двома кільцями компенсується їх індуктивністю. Змінюване в часі магнітне поле з вектором напруженості, який є перпендикулярним до поверхні кілець, викликає потоки, які, в залежності від резонансних властивостей структури, породжують вторинне магнітне поле, що або посилює вихідне, або протидіє йому. Це призводить до позитивних або негативних ефективних значень  $\mu$ . Подвійний циліндр в якості структурного осередку для створення MNG-матеріалів можна замінити так званим рулетним елементом, який формується при згортанні в рулон металевих листів. Замість суцільного подвійного циліндра на практиці використовують набір його дискретних перетинів, які розташовуються в стесі один над одним з певним інтервалом. Аналогічні стекові рішення можливі також на основі дискретних вирізок рулетного елемента (рис. 1, в).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Миттра, Р. Критический взгляд на метаматериалы. [Текст] /Р. Миттра // Радиотехника и электроника, 2007. – том 52. – № 9. – С. 1051–1058.

УДК 81.1

Поляков М.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>доц. ЗНТУ

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИВЧЕННЯ КОГНІТИВНОЇ НАУКИ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ І PhD СТУДЕНТІВ

В авторитетному векторі технологічного розвитку світової економіки NBIC (Nano - Bio - Info - Cogni) виділимо когнітивну науку (C - Cognitive Science). Футурологи прогнозують, що завдяки її успіхам в 10-15 річній перспективі відбудеться когнітивна революція, результатами якої будуть масове проектування і використання когнітивних систем. Тобто майбутні творці перших таких систем надійдуть до нашого університету вже через кілька років. Разом з тим, в даний час цей напрямок не вивчається системно і практично не відображений у навчальних програмах університету. Мета цієї роботи в тому, щоб позначити напрямки підготовки до вивчення основ теорії когнітивності і її застосування в процесах проектування технічних, біонічних, економічних, соціальних та інших систем. В організаційному плані, враховуючи міждисциплінарний характер проблеми, пропонується створити в університеті «Запорізька політехніка» Координаційну раду з науково-методичної підтримки напряму «Когнітивні системи» і підготовці планів впровадження матеріалів цього напрямку в навчальний процес підготовки магістрів і PhD студентів. У змістовному плані вивчення когнітивних систем повинно включати вивчення підсистем пізнання, когнітивних здібностей та діяльностей на основі цільового управління і ієрархії керуючих автоматів. При цьому увага повинна бути приділена питанням організації баз знань, принципам конвертації форм знань, включаючи конвертори розуміння і мудрості, алгоритмам сприйняття, міркувань, навчання. Важливим є також розширення обсягу вивчення суміжних дисциплін і наукових напрямів, таких як нейроінформатика, кібернетики вищих порядків, штучний інтелект, адаптивні системи, системи що саморозвиваються, теорія розширень (Extenics). Остання теорія використовує гнучке мислення про «зміну недосяжного в пізнанні», «перетворення неприпустимого в здійсненні», яке характеризує стадії впровадження когнітивної науки в університетську освіту.

## ПОГЛИНАЮЧИЙ ХВИЛЕВОДНИЙ ФІЛЬТР ГАРМОНІК ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ

В [1] наведено опис поглинаючого фільтра на високий рівень потужності з послідовним відгалуженням енергії у граничні хвильоводи на частотах гармонік. Завдяки рівномірно вигнутій у Н – площині конструкції вдається позбавитися від небажаного явища “оптичного променю”, який починає позначатися з ростом частоти в діапазоні бічного випромінювання. В результаті зменшується втрати фільтра, які вносяться, що є найбільш суттєвим недоліком поглинаючих фільтрів.

Хоча фільтр має хороші електричні характеристики і просту конструкцію, габарити його все ж великі. Зменшити габарити, щоб зберегти електричні параметри і простоту, дозволив фільтр, який зображений на рис. 1.

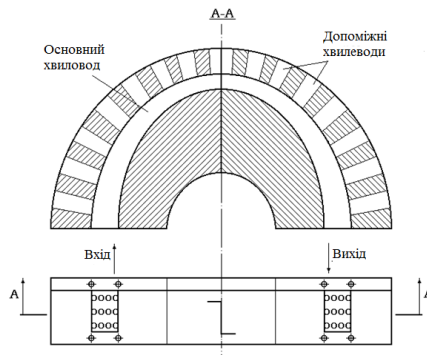


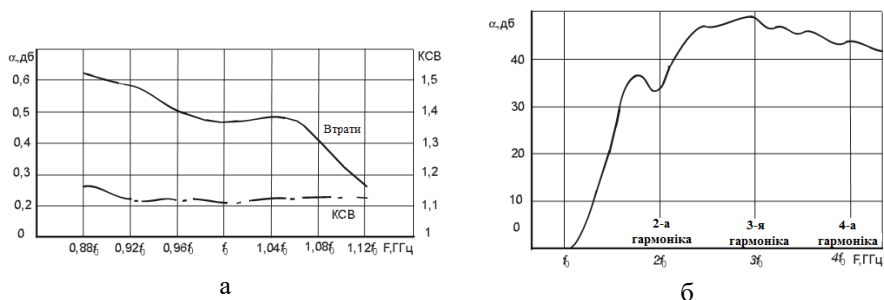
Рисунок 1 - ПФГ у вигляді рівномірно вигнутого в площині Е хвильоводу

Він являє собою відрізок вигнутого в площині Е хвильоводу зі змінним перетином. У площині вигину хвильовід утворений двома конфокальними еліпсами. У товщі однієї з широких стінок нерегулярного хвильоводу зроблений подвійний ряд отворів, які є граничними хвильоводами. Більш щільне компонування вторинних хвильоводів збільшує зв'язок з основним нерегулярним хвильоводом, що дозволяє зменшити габарити фільтра. Однак при цьому зменшується електрична міцність фільтра.

Вигин структури фільтра в площині Е забезпечує більш ефективне збудження вторинних хвильоводів. Це, в свою чергу, призводить до більш

інтенсивного розсіювання енергії електромагнітних коливань в поглинаючому матеріалі, яким покривається частина внутрішньої поверхні допоміжних хвильоводів. Поглинання відбувається на частотах вище критичної частоти. Така конструкція фільтра дозволяє при менших габаритах отримати високий рівень загасання в смузі загородження. Узгодження на робочій хвилі і принцип роботи даного фільтра аналогічні фільтру, описаного вище. Розміри входу основного нерегулярного хвильоводу стандартні. Мінімальний розмір вузьких стінок дорівнює половині вхідного розміру.

Втрати фільтра в смузі частот пропускання не перевищили 0,5 дБ, КСХ становить менше 1,2 рис. 2 (а).



а) КСХ і АЧХ ПФГ в смузі пропускання б) АЧХ ПФГ в смузі від другої до четвертої гармоніки

Рисунок 2 – АЧХ ПФГ

Фільтр забезпечує втрати в смузі загородження близько 40 дБ від другої до четвертої гармоніки включно рис. 2 (б). До переваг даного фільтра можна віднести високий рівень загасання в смузі загородження, низькі втрати в смузі пропускання і незначні габарити.

Виміри проводилися в 10-и сантиметровому діапазоні хвиль. Поперечний переріз основного хвильоводу дорівнювало  $48 \times 24 \text{ мм}^2$ .

Вимірювання в смузі пропускання і КСХ проводилися за допомогою автоматичного вимірювача КСХ панорамного Р2-58 (діапазон від 3.94 до 5.64 ГГц) і в смузі загородження

Вимірювання в смузі загородження проводилися за допомогою автоматичних панорамних вимірювачів КСХ типу Р2-61, Р2-67, Р2-66, що забезпечують діапазони частот аж до четвертої гармоніки. В якості індикатора використовується індикатор РК2-28.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вольман, В.И., Логачева, Л.М. Фильтр поглощающего типа на высокий уровень мощности [Текст] / В. И. Вольман, Л.М. Логачева // Радиотехника. – 1979. – №1 – 25-28 С.

УДК 621.376.4

Мороз Г.В.<sup>1</sup>, Чорнобородов М.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ЗНТУ

## СИНТЕЗ АНСАМБЛІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Два радіосигнали, що мають однакову потужність і відрізняються лише фазою на  $180^\circ$ , мають максимально можливий ступінь розділення. Функція їхньої взаємної кореляції за відсутності часового зсуву дорівнює -1. Під час пошуку оптимальної форми сигналів для забезпечення найбільшої завадостійкості передачі дискретних повідомлень, були запропоновані двійкові псевдовипадкові послідовності.

Максимальне відношення сигнал/шум за оптимальної фільтрації забезпечують радіосигнали, фазоманіпульовані за кодом Баркера. Ці послідовності забезпечують мінімальний рівень бічних пелюсток (РБП) стиснутого сигналу на виході узгодженого фільтра ( $\text{РБП}=1/N$ , де  $N$  - довжина кодової послідовності). Але коди Баркера відомі лише для порівняно коротких послідовностей на 3, 4, 5, 7, 11 й 13 імпульсів [1, с. 415]. М-послідовності забезпечують  $\text{РБП}=1/\sqrt{N}$ , але не мають обмежень на довжину  $N$ .

Вхідним пристроєм узгодженого фільтра для фазокодоманіпульованих сигналів є багатовідвідна лінія затримки, число відводів якої дорівнює числу її комірок  $N$ . Фільтрація вхідного сигналу здійснюється шляхом домножування амплітуди кожного елемента ковзкого вікна  $x_i$  на коефіцієнти  $k_i=\pm 1$  [1, с. 416] і наступним додаванням усіх значень у суматорі  $\Sigma$ .

Шляхом оптимізації значень вагових коефіцієнтів  $k_i$ , вперше було розв'язано задачу синтезу кодових послідовностей для дворівневої ( $0^\circ$  для  $x_i=-1$  або  $180^\circ$  для  $x_i=1$ ) фазової маніпуляції радіоімпульсів. Синтез нових послідовностей і структури узгодженого фільтра з метою досягнення рівня бічних пелюсток на виході оптимального пристрою не гірше, ніж у коду Баркера, виконано шляхом розв'язання системи лінійних нерівностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \sum_{j=1}^i a_j \cdot x_{N-i+j} \right| \leq c_i, \quad i = 1, \dots, N-1 \\ \sum_{j=1}^N a_j \cdot x_j \geq N, \quad i = N \\ \left| \sum_{j=i-N+1}^N a_j \cdot x_{N-i+j} \right| \leq c_i, \quad i = N+1, \dots, 2 \cdot N-1 \end{array} \right. , \quad (1)$$

де  $a_i$  мають сенс шуканих значень кодової послідовності довжини  $N$ ,  $x_i$  має сенс шуканих вагових коефіцієнтів,  $c_i$  має сенс рівня бічних пелюсток.

Оскільки рівень бічних пелюсток  $c_i$  не мусить перевищувати  $\pm 1$ , то розв'язання системи (1) може бути виконано безпосередньо тим чи іншим методом нелінійної багатовимірної оптимізації. Цей шлях забезпечує синтез оптимальної кодової послідовності  $a_1, \dots, a_N$  й відповідного набору вагових коефіцієнтів  $k_1, \dots, k_N$  для бажаної довжини  $N$  з метою отримання РБП  $\leq 1/N$ .

Таблиця 1 – Значення вагових коефіцієнтів  $k_i$  ансамблю з  $N=25$

N	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$
1	0,34	-0,74	1,49	-0,07	-0,07	-1,04	1,09	-1,75	1,24	1,54	-2,59	1,47	1,82
2	0,07	-0,44	1,06	-0,14	0,20	-2,37	0,56	0,96	-0,02	-2,67	-3,16	1,48	2,65
3	-0,45	-0,02	-1,13	-0,69	-1,09	0,85	-1,21	1,49	-0,77	-1,41	0,96	-1,31	1,87
4	-0,43	0,58	-1,57	2,03	-0,50	0,77	-1,43	-0,96	1,99	-0,96	-1,96	2,16	1,84
5	0,24	0,42	-0,53	0,60	-0,14	0,81	-0,58	0,58	-2,10	0,73	1,66	-2,16	1,77
6	-0,24	0,42	1,24	-0,55	-1,99	0,97	0,47	-0,98	-0,76	2,23	-1,35	3,21	-1,76
7	-1,15	0,39	-0,43	0,23	-0,48	0,46	-1,33	0,56	-1,39	-1,14	0,99	-1,20	0,66
8	-1,25	1,46	0,88	-0,89	-0,84	0,26	1,57	-2,79	1,98	-1,27	2,24	0,90	-0,80

Продовження табл. 1

N	$k_{14}$	$k_{15}$	$k_{16}$	$k_{17}$	$k_{18}$	$k_{19}$	$k_{20}$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$	$k_{24}$	$k_{25}$	$k_{\text{кн}}$
1	-1,37	-2,04	-1,44	1,11	1,83	0,85	1,13	-0,03	0,02	1,19	0,65	0,32	19,91
2	2,65	1,79	2,08	2,21	-0,33	0,36	-0,02	-2,69	0,19	0,00	-1,19	0,38	18,85
3	3,23	1,30	2,36	0,49	-1,17	-0,26	0,96	1,70	-0,60	-1,14	0,42	0,19	18,75
4	-0,77	-1,39	-1,83	-0,32	1,15	0,49	0,60	1,08	0,61	0,85	0,68	0,87	18,53
5	2,14	-1,87	-2,47	-1,23	1,66	1,39	0,91	0,91	-0,21	0,79	1,25	0,30	18,39
6	-1,26	-0,94	-1,49	0,71	1,50	1,21	0,80	1,05	-0,62	1,01	0,09	0,41	18,30
7	0,71	-2,04	-1,23	-1,80	-2,40	-1,23	0,18	0,74	-0,81	-0,86	1,35	1,04	18,29
8	-1,24	-1,25	-1,59	1,55	0,79	1,40	0,88	0,35	0,59	0,49	0,49	1,61	18,28

Примітки: закон фазової маніпуляції радіоімпульсів визначається так:  $x_i = \text{sign}(k_i)$ , де  $\text{sign}$  – функція визначення знаку аргументу.

Пошук ансамблю квазіоптимальних псевдовипадкових послідовностей довжини  $N$  може бути здійснений методом повного перебору: шляхом задавання значень кодової послідовності  $a_i$  (від 0 до  $2^N-1$ ), розв'язання системи (1) зводиться до розв'язання задачі лінійного програмування. У

табл. 1 наведено ансамбль перших восьми сигналів для  $N=25$  за критерієм максимуму коефіцієнта когерентного накопичення  $k_{\text{кн}}=1/\text{РБП}$ .

Для  $N<16$  отримано по дві послідовності з  $\text{РБП} \leq 1/N$  (або  $k_{\text{кн}} \geq N$ ). Для  $N=16..28$  отримано мінімальне значення  $\text{РБП} \leq 1/(N-5)$ , але це ліпше, ніж  $\text{РБП}=2/N$  [2]. Задавшись допустимим зниженням  $k_{\text{кн}}$  (відносно максимального – див. рядок No 1 у табл.1), отримуємо ансамбль (див. решту рядків у табл. 1).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волощук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для вищих навчальних закладів. – Х.: ХНУРЕ, 2003. – Ч. 1. – 648 с.

2. Turyn R. Sequences with small correlation. Error correcting codes. – New York: John Wiley and Sones, 1968. – 240 p.

УДК 621.395

Мороз Г.В.<sup>1</sup>, Садовський О.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-915 ЗНТУ

## АНАЛІЗ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ АБОНЕНТСЬКОГО НАВАНТАЖЕННЯ В СТІЛЬНИКОВОМУ ЗВ'ЯЗКУ

Більшість клієнтів давно відвідують заклади загального харчування на території заправок. Адже заправляти машину і одночасно перекусити полюбили більшість людей. Темпи збільшення кількості таких закладів з роками виросли, але якість обслуговування зовсім не змінилась. При цьому кількість людей за політичними обставинами тільки зростають. Ця проблема актуальна на території заправки за межами міста в курортний час. Такий заклад за ненадання не якісних послуг втрачає свій імідж та дохід через обурених відвідувачів.

Не всі відвідувачі відвідуватимуть такий заклад, але проблема ще полягає в якості наданні своїх послуг абонентам стільникового зв'язку. Така ситуація призводить до збільшення навантажень на ділянці мережі, до локального перевантаження.

Щоб зменшити кількість черг і не витратити особистий час відвідувачів, першим способом пропонується встановити термінали самообслуговування за десятки кілометрів до самої заправки, щоб відвідувач без величезної витрати часу зміг зробити замовлення, і по прибуттю до вказаного місця отримати своє замовлення, показавши лише чек без очікувань приготувань. Другий спосіб пропонує використання мобільного додатку за допомогою

смартфону або інших електронних носіїв, які використовують передачу даних через мережу інтернет та GPS модуль.

Питання вирішення перевантажень займають перші місця багатьох існуючих компаній стільникового зв'язку. Багато операторів об'єднують всі свої зусилля щоб, спільно побудувати мережі з високою пропускну здатністю і з малими втратами в локальних зонах.

Першим способом є використання антени з системою RET (Remote Electrical Tilt - управлінням кутом нахилу діаграми) . Завдяки RET-системі оператори можуть оптимізувати характеристики променя за допомогою більш щільного радіочастотного включення. RET-система дозволить виконати налаштування антени прямо з офісу без дорогих візитів на об'єкт, підйомів на вишку. Завдяки можливості виконати оптимізацію мережі за лічені хвилини і при будь-яких погодних умовах оператор зможе забезпечити більш високу якість зв'язку.

Другим способом є алгоритм адаптивного формування променя діаграми направлення, з урахуванням передбачення перерозподілу абонентського навантаження. В роботі алгоритм раннього виявлення перевантажень розглядається як ряд етапів, на яких вирішуються наступні завдання:

Перший етап - найбільш ранній етап передбачення перевантажень, організовується на основі виявлення і оцінки параметрів змінюваних моделей потоків, який описує переміщення абонентів на кордоні осередків;

Другий етап - під час другого етапу прогнозу вирішується завдання оцінки затримки до виникнення перевантаження, формування тривалості інтервалу додаткового контролю і порога спрацьовування, а також завдання виведення співвідношень для розрахунку перерахованих вище параметрів на основі оцінок характеристик мобільності;

Третій етап - прогнозування на основі аналізу зростання інформаційного навантаження соти. Зіставлення динаміки зростання числа абонентів і середнього інформаційного навантаження соти.

Нами був описаний рух потоку абонентів до головного антракту. В роботі була розглянута технологія WiMAX та на її основі було здійснене моделювання в програмному пакет Ornet. Схема траси передачі інформації за стандартом WiMAX зображена на рис.1.

В моделюванні було створено дев'ять сценаріїв, які описують пересування абонентів по траєкторії з власною швидкістю та вивели графіки залежності для кожного випадку та дослідили їх залежність.



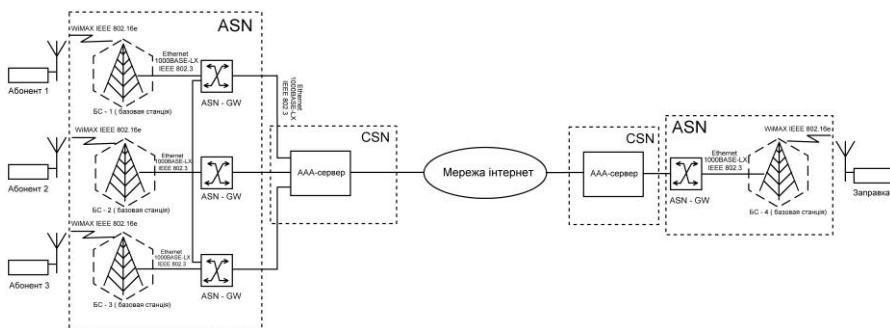


Рисунок 1 – Схема передачі інформації за стандартом WiMAX

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишне夫斯基 В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX Путь к 4G. – М., 2009.
2. Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed. Fundamentals of WiMAX. Understanding Broadband Wireless Networking. – Prentice hall, 2007.

УДК 621.395

Логачова Л.М.<sup>1</sup>, Садовський О.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-915 ЗНТУ

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АНТЕННІ СИСТЕМИ

Існуючі базові станції (БС) часто відчувають локальні перевантаження внаслідок великої кількості абонентів, що концентруються в одній соті. Подібна ситуація характерна для великих населених пунктів і міст. Рішення даної проблеми – це застосування алгоритмів оптимізації, здатних змінювати зону обслуговування БС.

Припустимо, що абоненти розподілені по території обслуговування рівномірно, що в більшості випадків відповідає дійсності. Звідси зменшення соти обслуговування спричиняє зменшенню кількості абонентів, а, отже, і зменшення загальної інтенсивності викликів в даній соті. Абоненти, що залишаються поза зоною обслуговування даної БС, отримають обслуговування використовуючи каналний ресурс сусідніх сот, тим самим знижуючи показник блокування викликів всієї мережі в цілому. Справедливо і зворотне твердження: у соті з малим навантаженням слід збільшувати

площу обслуговування для збільшення коефіцієнта навантаження мережі. Площу соти можна регулювати наступними методами:

на основі вимірювання тимчасової затримки;

на основі вимірювання рівня потужності сигналу на мобільній станції (МС);

на основі використання інтелектуальних антенних систем (ІАС).

Перші два методи складно реалізувати на практиці, тому що необхідно знати параметри МС в кожен момент часу. Для використання методу зміни площі на основі використання ІАС, необхідно лише знати факт присутності абонента в соті.

Розглянемо зміну площі обслуговування БС за рахунок нахилу діаграми направлення (ДН). Зміну кута нахилу антени БС можна здійснити двома методами:

механічний нахил антени;

електричний нахил ДН.

Найпростіший метод нахилу променя антени у вертикальній площині – це використання механічного вузла для нахилу всієї антени. Однак при цьому спотворюється форма ДН антени в горизонтальній площині, з'являється залежність кута нахилу і коефіцієнта посилення антени (КП) від азимута, що не завжди враховується в мережевому плануванні. При електричному нахилі променя антени усувається цей недолік. У цьому випадку кут нахилу не залежить від азимута, а форма ДН антени залишається незмінною.

В даній роботі ми промодельовали антену AMOS 9 в програмному пакеті MMANA та використали стільниковий зв'язок за стандартом WiMAX (IEEE 802.16e), частотний діапазон (2.3-13.6 ГГц). Результати моделювання зображені на рис. 1.

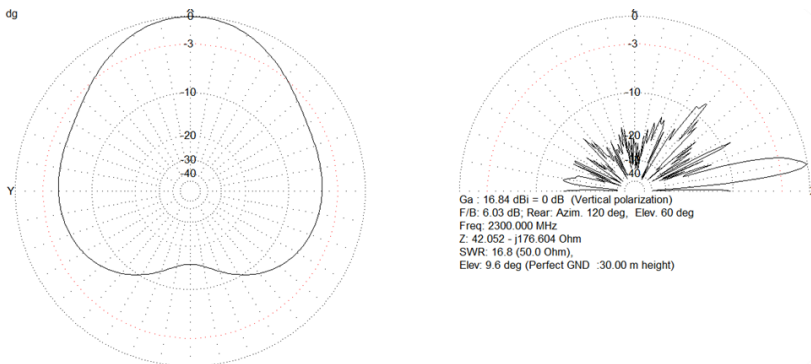
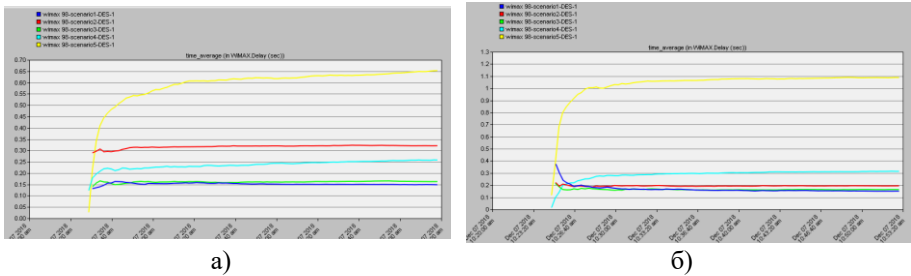


Рисунок 1 – Результат моделювання антени AMOS 9 з використанням технології WiMAX в програмному пакеті MMANA

Також в роботі було здійснене моделювання в програмному пакеті OPNET для наведення типового випадку навантаження БС. Результати зображені на рис. 2 (а, б). На рисунках приведені графіки затримки БС1 (а), БС2 (б) зі збільшенням абонентів обслуговування в мережі.



а) затримка БС1, б) затримка БС2

Рисунок 2 – Затримка БС

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шорин О. А. Методы оптимального распределения частотно-временного ресурса в системах подвижной радиосвязи : Дис. ... д-ра. техн. наук / МТУСИ. – М., 2005. – 351 с.
2. Вишнеvский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX Путь к 4G. – М., 2009г

УДК 621.376.4

Чорнобородов М.П.<sup>1</sup>, Новітченко В.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-216 ЗНТУ

## НОВІ КОДОВІ ПОСЛІДОВНОСТІ ДЛЯ ФАЗОВОЇ МАНІПУЛЯЦІЇ

Необхідною умовою для радіолокаційного виявлення, визначення координат, швидкості та інших характеристик об'єктів є достатнє відношення сигнал/шум на вході виявлювача. Рівень відношення сигнал/шум залежить від виду й закону модуляції сигналів зондування. Максимальне відношення сигнал/шум забезпечують фазоманіпульовані за кодом Баркера сигнали.

Але коди Баркера відомі лише для порівняно коротких послідовностей на 3, 4, 5, 7, 11 й 13 імпульсів [1, с. 415]. Лише ці послідовності забезпечують мінімальний рівень бічних пелюсток (РБП) стиснутого сигналу на виході узгодженого фільтра (РБП=1/N, де N - довжина кодової послідовності).

Величина РБП визначається ступенем узгодженості структури сигналу й фільтра його стиснення ( $k_{ct}=1/\text{РБП}$ ). Для решти значень  $N$  не було знайдено структури сигналу, яка б була узгодженою із структурою фільтра Баркера (рис. 1).

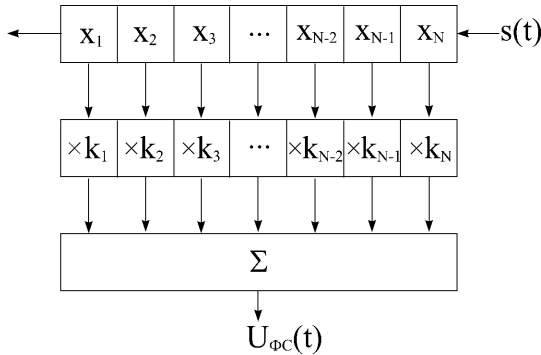


Рисунок 1 – Структурна схема фільтра стиснення фазоманіпульованого кодом Баркера сигналу

Вхідним пристроєм фільтра Баркера є багатовідвідна лінія затримки, число відводів якої дорівнює числу її комірок  $N$ . Фільтрація вхідного сигналу здійснюється шляхом домножування амплітуди кожного елемента ковзкого вікна  $x_i$  на коефіцієнти  $k_i=\pm 1$  [1, с. 416] і наступним додаванням усіх значень у суматорі  $\Sigma$ .

Шляхом оптимізації значень вагових коефіцієнтів  $k_i$ , вперше було розв'язано задачу синтезу кодових послідовностей для дворівневої ( $0^\circ$  для  $x_i=-1$  або  $180^\circ$  для  $x_i=1$ ) фазової маніпуляції радіоімпульсів.

Порівняно з фільтром Баркера (в залежності від довжини послідовності), отримано збільшення (для відомих кодів): а) коефіцієнта стиснення складних сигналів  $k_{ct}$  на  $0..3,2$  дБ; б) рівня вихідного відношення сигнал/шум на  $1,8..5,7$  дБ; в) вихідного значення рівня шуму на  $1,8..5,7$  дБ. Для  $N=11$  знайдено нову послідовність, а для  $N=6, 8, 14, 15$  знайдено по дві нові послідовності, що мають  $\text{РБП} \leq 1/N$ . Для  $N=9, 10$  отримано  $\text{РБП}=1/(N-2)$ .

Знайдені нові кодові послідовності для фазоманіпульованих імпульсів не забезпечують мінімального рівня бічних пелюсток автокореляційної функції, але забезпечують мінімальний РБП стиснутого корисного сигналу на виході узгодженого фільтра. Застосування вагової обробки за процедури узгодженої фільтрації не погіршує вихідного значення рівня шумів.

Таблиця 1 – Значення вагових коефіцієнтів  $k_i$ 

N	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{ст}$
3*	-0,63	1,25	0,63										4,00
4*	1,02	-0,53	1,51	1,02					<i>N</i>	<i>k<sub>13</sub></i>	<i>k<sub>14</sub></i>	<i>k<sub>15</sub></i>	4,00
4*	-0,74	1,00	0,48	0,74					<i>13</i>	<i>0,85</i>			4,00
5*	0,65	-1,30	1,30	1,30	0,65				<i>14</i>	<i>1,49</i>	<i>0,40</i>		8,00
6	-0,58	1,06	-1,23	0,41	1,64	0,82			<i>14</i>	<i>0,84</i>	<i>0,47</i>		7,00
6	0,79	-1,61	0,40	1,24	1,04	0,55			<i>15</i>	<i>1,36</i>	<i>1,57</i>	<i>0,89</i>	6,88
7*	-0,83	0,97	-0,97	-0,68	0,97	0,97	0,83		<i>15</i>	<i>0,66</i>	<i>1,08</i>	<i>0,78</i>	7,52
8	0,46	-1,13	1,21	-0,48	-0,79	0,92	1,47	0,62					8,22
8	-0,62	1,44	-0,89	-0,76	0,46	1,33	1,02	0,57					8,04
9	-1,28	-0,14	0,24	2,51	-2,53	2,34	-0,09	1,15	0,28				7,29
10	0,62	-0,61	1,22	-1,23	-1,22	1,24	1,22	0,61	0,59	1,21			7,98
11	-1,00	0,72	-0,72	2,01	-1,38	-2,60	1,41	2,01	0,69	0,69	1,00		14,20
11*	-1,02	0,96	-0,96	-1,30	1,18	-1,30	-1,19	-1,30	0,96	0,97	1,02		11,91
12	0,91	-0,85	-1,14	0,97	0,89	-1,41	0,70	-0,81	1,33	0,97	0,98	1,05	11,07
13*	0,85	-1,25	1,06	-1,51	1,29	1,21	-1,60	-1,27	1,14	1,48	1,09	1,28	18,71
14	-0,76	1,10	-1,52	0,91	-0,95	0,91	2,09	-1,63	-1,50	0,94	1,39	1,26	13,83
14	0,21	-1,34	1,27	-1,21	0,93	1,26	-1,83	-1,68	1,15	1,23	1,00	1,11	13,79
15	-0,89	1,62	-1,29	1,07	-0,44	-0,96	1,46	0,78	-1,37	-0,96	0,53	1,28	18,53
15	-1,20	1,06	0,89	-1,95	2,39	-1,18	-1,21	-1,60	1,61	1,49	0,91	-0,25	14,78

Примітки:

1. Символом "\*" позначено коди Баркера.
2. Через брак місця, у таблиці курсивом наведено значення  $k_{13}..k_{15}$  для  $N=13..15$ , а для послідовностей з  $N>15$  значень  $k_i$  не наведено.
3. Закон фазової маніпуляції радіоімпульсів сигналу  $s(t)$  визначається так:  $x_i = \text{sign}(k_i)$ , де  $\text{sign}$  – функція визначення знаку аргументу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошук Ю. І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для вищих навчальних закладів. – Х.: ХНУРЕ, 2003. – Ч. 1. – 648 с.

УДК 621.396.67

Бугрова Т.І.<sup>1</sup>, Поляруш Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-915м ЗНТУ

## **АНТЕНА ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ ДО ІНТЕРНЕТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ МІМО**

У стільникових системах зв'язку стандарту 4G, або LTE, зокрема, в високошвидкісних мережах доступу до Інтернет, існує необхідність підвищення пропускної здатності системи зв'язку та її завадостійкості, яка знижується завдяки просторовим завмиранням в радіоканалі [1]. Для цього розроблено МІМО технологію обробки сигналу, суть якої полягає в тому, що прийом і передача ведуться на різні антени. Якщо ми будемо передавати по двох каналах МІМО одну і ту ж саму інформацію з невеликою затримкою, попередньо її закодувавши, ми можемо відновити втрачені символи на приймальній стороні, що еквівалентно поліпшенню відношення сигнал/шум до 10-12 дБ. Така технологія призводить до зростання швидкості передачі даних без зростання потужності передавача. Проблема є вкрай актуальною, особливо тому, що перевагами швидкісного 4G-зв'язку та широкосмуговим Інтернетом від Київстар та Водафон вже користуються в більш ніж 5000 населених пунктах, де проживає близько 30 млн осіб населення нашої держави.

Основний принцип полягає в усуненні взаємного зв'язку між антенами. Електромагнітні хвилі можуть мати різну поляризацію. Для виключення взаємного впливу антени орієнтуються ортогонально одна до одної. Щоб вплив земної поверхні був однаковим для обох антен, площини поляризації кожної зміщують водночас на 45° відносно землі (рис. 1, а). При цьому поляризація антен повинна бути такою самою, як і на базовій станції.

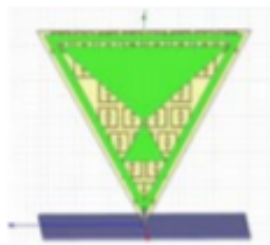
В якості елемента антени у вигляді моноблоку нами пропонується нове рішення з використанням фрактальної модифікованої серветки Серпінського з метаматеріалом ENG типу (рис. 1, б).

Особливості конструкції антени полягають в наступному. Вихідний елемент є рівнобічним трикутником. Його висота дорівнює чверті довжини хвилі середньої частоти робочого діапазону (1900...2200 МГц) і складає 167 мм. Сторона трикутника дорівнює 192.8 мм. Підкладинка антени - склотекстоліт марки FR4 з розмірами 190×85×1.5 мм. Антена в складі конструкції має земляну плату – це металева пластина розмірами 190×83.5×1 мм. На протилежному від основного (з серветкою) боці підкладинки нанесено метаструктуру ENG-типу. Антена живиться з кута

трикутника, живлення здійснюється коаксіальним кабелем. Висота живлячого штиря 10 мм, його радіус - 0.9 мм.



а



б

а – Просторова орієнтація антен МІМО; б – Модифікована серветка.

Рисунок 1 – Ширококутова 4G антена МІМО.

Всю конструкцію було спроектовано в середовищі HFSS. Дослідження відбувалися в діапазоні частот від 1900 МГц до 2200 МГц. За частотними залежностями оцінювалися коефіцієнт відбиття ( $S_{11}$ ), коефіцієнт стоячої хвилі (VSWR), діаграми спрямованості (RP), комплексний вхідний опір ( $Z_{in}$ ). Порівняння результатів теоретичного та експериментального досліджень відбувалося шляхом виготовлення та експериментального дослідження макетів двох модифікованих серветок Серпінського з метаматеріалами ENG-типу.

Виявлено гарну узгодженість виміряних та розрахункових даних з відносним відхиленням одне від одного не більше, ніж 9,2% у 2,7% експериментів і не більше, ніж 1,5-7% – у 97,3% досліджень. Коефіцієнт підсилення подібної антени складає близько 11...12 дБ.

Запропоноване наукове рішення актуальної проблеми сьогодення дозволяє вдвічі зменшити потужність передавача стільникового телефону без погіршення швидкості передачі даних, і тим самим, вдвічі зменшити руйнівний вплив електромагнітного випромінювання смартфона на навколишнє середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв'язок [Текст] / Л.М. Логачова, Т. І. Бугрова / Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 236 с. – ISBN 978-617-529-208-2.

УДК 621.391.8

Самойлик С.С.<sup>1</sup>, Мороз Г.В.<sup>2</sup>, Бондарев М.І.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup> асист. ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. РТ-914 ЗНТУ

## **МЕТОД БОРОТЬБИ ІЗ ЗАВАДАМИ В ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI**

Технологія бездротового зв'язку Li-Fi використовує світло від світлодіодів в якості середовища передачі даних. Передача даних в області видимого світла здійснюється шляхом короткочасного подавання напруги на світлодіоди з дуже високою частотою, непомітною для людського ока. Світлові хвилі не можуть проникати крізь стіни, тому радіус дії Li-Fi невеликий. Але Li-Fi більш надійно захищений від несанкціонованого доступу, ніж будь-який інший бездротовий канал зв'язку.

Для збільшення завадостійкості Li-Fi і всі переваги і недоліки для зниження енергоспоживання при використанні малих швидкостей передачі була обрана ООК модуляція з застосуванням Манчестерського кодування.

Основним елементом для проектування бездротових оптичних систем є світлодіод, який виконує роль передавача, а саме від характеристик якого і буде залежати гранична стабільність і пропускна здатність каналу. У разі ООК модуляції, критичними параметрами для світлодіоду є паразитна ємність, час наростання, гранична частота включення/вимикання.

У цьому методі використовується три окремих світлодіоду, які збільшують вартість світлодіодних ламп в порівнянні з використанням синього світлодіоду з люмінофором. Для проекту було обрано синій світлодіод з люмінофором. І ми вибрали такий світлодіод тому, що він має більшу довжину хвилі і меншу ширину забороненої зони.

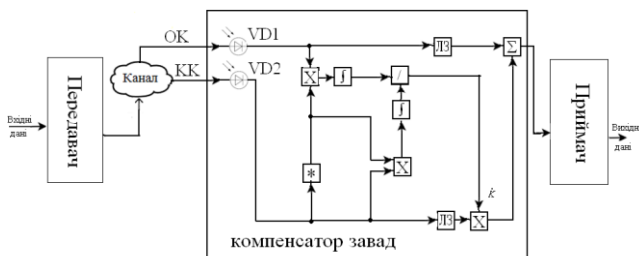
Найголовніша перевага Li-Fi перед іншими технологіями – це значна швидкість, але Li-Fi обов'язково вимагає прямої видимості між передавачем і приймачем. Через вплив сонячного світла, люмінесцентних ламп і відбиття світла від різних дзеркальних поверхонь відбуватимуться помилки в роботі системи і колізії сигналу.

З метою компенсації впливу завад, в роботі досліджується ефективність застосування адаптивного фільтра, що використовує просторові відмінності між напрямками надходження даних від передавача й джерела завадового випромінювання (рис. 1).

На входи основного (ОК) та компенсаційного (КК) каналів надходять як корисні сигнали, так і шумові завади, прийняті фотоприймачами VD1 й VD2. Фотоприймач ОК має вузький кут огляду. VD1 призначено для приймання корисних сигналів - світлової течії, що випромінюється передавачем.



Фотоприймач КК має широкий кут огляду. VD2 приймає не тільки корисні сигнали, а й завади, які надходять від різних джерел випромінювання, з різних кутів напрямку.



VD- фотоприймачі, X – помножувач,  $\int$  - інтегратор, \* - операція комплексного спрямування, \ - подільник, ЛЗ – лінія затримки,  $\Sigma$  – суматор,  
Рисунок 1 – Структурна схема каналу обміну даними з компенсатором завад

Запропонований спосіб придушення завад було перевірено в середовищі імітаційного моделювання Matlab Simulink. Отриманий результат проведений в системі автоматичного проектування, який включають в себе суміш перешкод і прийнятих сигналів на вході основного і компенсаційного каналу автокомпенсатора.

Результати реального макетування були перевірені за допомогою шумоміру. Шумомір складається з мікрофона, до якого підключений вольтметр, відрегульований в децибелах. В результаті експерименту було проведено порівняння як буде змінюватися потужність вихідного сигналу від відстані при впливі перешкоди. Даний результат компенсації перешкоди на виході адаптивного фільтра дає підставу стверджувати, що просторова адаптивна фільтрація забезпечує ефективне усунення наявних перешкод.

УДК 621.391.8

Моршавка С.В.<sup>1</sup>, Чудеснова О.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-914 ЗНТУ

## АНАЛІЗ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ТЕХНОЛОГІЄЮ LI-FI В РІЗНИХ УМОВАХ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СВІТЛА

Сучасні засоби зв'язку в основному працюють в радіодіапазоні, але через зростання обсягів передаваних даних відбувається перевантаження виділених діапазонів частот. Виникає необхідність пошуку нових рішень.

Один з варіантів вирішення проблеми – це використання оптичного діапазону (тобто діапазону видимих і інфрачервоних хвиль). Останнім часом інтерес дослідників істотно виріс до використання Li-Fi систем, адже в подібних системах інформація передається з більшою надійністю в порівнянні з іншими бездротовими системами зв'язку.

Крім підприємств, для яких дуже важлива швидкість і безпека передачі інформації, таких як аеропорти, банки, медичні установи, Li-Fi також має широку можливість застосування в побуті. Прогнозується, що в майбутньому звичайні світлодіодні лампочки, які освітлюють наші будинки, зможуть виконувати дві функції: освітлювати кімнату і створювати бездротову комунікаційну мережу, за допомогою якої люди будуть виходити в Інтернет.

Автором роботи пропонується використовувати технологію Li-Fi як технологію бездротового мережевого доступу в захисних спорудах, наприклад, в бункерах.

Бункер, як добре укріплене захисна споруда, є ідеальним приміщенням для використання світла як носія для передачі інформації, так як швидкість передачі за допомогою світла істотно перевищує швидкість передачі Wi-Fi технології. Стіни бункера зазвичай досягають товщини кілька метрів, що робить використання Wi-Fi маршрутизаторів менш ефективними в порівнянні з Li-Fi, для якого виконується умова прямої видимості, також велика кількість точок доступу Wi-Fi (якщо ми говоримо про військове бункері) буде підвищувати рівень радіохвиль завад і знижувати максимальну швидкість передачі даних. А розташування бункера глибоко під землею унеможливає використання стільникового зв'язку.

Всього в приміщенні, згідно проекту, буде знаходитися 52 випромінюючих лампи, які будуть розташовані по топології стільникового зв'язку. Відстань між світильниками складатиме 1 м з кожного боку. Подібні відстані між випромінювачами формують стільники, згідно специфіки яких будуть проводитися подальші розрахунки.

Ми розглянули багато параметрів світла і виділили головні - це фотометричні параметри. Саме вони визначають характеристики світла, такі як яскравість, світловий потік, колір, сила світла), які сприймаються людським оком. Вони потрібні для розуміння аспектів світлодіодного освітлення.

Спектральний інтеграл: спектральний інтегральний метод, який використовує функцію освітлення людського ока і спектральний розподіл потужності світлодіоду для отримання світлового потоку.

Функція освітлення: фотооптичний зір людського ока дозволяє людині розрізняти різні кольори, що робить його важливим фактором у проектуванні технології освітлення. Як було показано в роботі, фотооптичний зір людини має різну чутливість до різної довжини хвилі видимого діапазону спектра.

В приміщенні спектральна здатність відбиття для звичайних використовуваних будівельних матеріалів, таких як штукатурка, пластик і т. д., може бути виміряна за допомогою спектрофотометра. Можна помітити, що пластикова стіна має найменшу відбивну здатність, а стіна зі штукатуркою має найвищу відбивну здатність.

Через відбиття приймач отримує сигнал по безлічі різних траєкторій. Таке багатопроменеве поширення можна охарактеризувати за допомогою профілю затримки потужності сигналу. Профіль затримки потужності розподіляє прийняту потужність як функцію затримки поширення. Сигнал поза прямої видимості може бути відбитий від багатьох поверхонь до моменту досягнення фотодетектором приймача.

Можна побачити, що профіль затримки потужності в умовах, наближених до реальних, де чотири світлодіодних світильника розгорнуті у вигляді квадратної топології на стелі приміщення з гіпсової або пластикової стінкою. Як і очікувалося, прийнята потужність, що обумовлена багатопроменим відображенням, менше в порівнянні з потужністю в межах прямої видимості.

УДК 621.391.8

Сметанін І. М.<sup>1</sup>, Шерстобітова А.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ст. викл. каф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-914м ЗНТУ

## **КОМПЛЕКСНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

На сьогоднішній день спосіб оплати різноманітних товарів та послуг за допомогою смартфонів із вбудованим NFC модулем та карток з RFID-мітками набув широкої популярності. Завдяки такому нововведенню зникла необхідність постійно мати з собою готівку для розрахунку. Для підвищення зручності, економічності та безпеки користування громадським транспортом пропонується застосування технологій NFC та RFID для моделювання системи оплати та контролю входу і виходу на базі системи «розумний автобус».

В транспортному засобі система входу-виходу обладнана впускними та випускними турнікетами, що розташовані на вході та виході, відповідно. Їхній механізм складається з NFC-приймача для здійснення оплати в залежності від відстані, купюроприймача для видачі одноразового квитка і RFID-приймача, призначеного для проїзду пенсіонерам та громадянам з обмеженими можливостями.

На вході в транспорт після того, як людина прикладає телефон або спеціальну id-картку до NFC чи RFID приймача турнікету, через бортовий комп'ютер та сервер відбувається з'єднання з банком, що обслуговує даний транспортний засіб. При цьому банком здійснюється аналіз та обробка даних, які йому надійшли, на предмет того, чи достатньо залишку коштів на пристрої пасажира для проїзду. Якщо на рахунок є необхідна сума, з сервера через бортовий комп'ютер надходить сигнал на турнікет, який дозволяє людині зайти в салон. Назва ж зупинки, на якій зайшов пасажир, фіксується і зберігається на сервері до моменту виходу пасажира з транспорту.

Виходячи з транспорту, людина знову мусить прикласти свій пристрій (картку) до приймача для визначення відстані поїздки і розрахунку її вартості за тарифом з наступним списанням коштів. Як можна помітити, система виходу аналогічна до системи входу, за винятком GPS-трекера, що визначає місцезнаходження транспорту в момент виходу пасажира. Мобільний термінал користувача дає системі дозвіл на обробку його персональних даних та зняття коштів з рахунку.

Під час поїздки людина повинна відчувати себе в безпеці, тому саме для цього транспорт повинен бути обладнаний датчиками удару, що зможуть вчасно виявити надзвичайну ситуацію, датчиками пожежі, які миттєво зреагують на появу диму або загоряння, та камерами. Дія камер полягає в слідуванні за станом і поведінкою водія та пасажирів. Отримані з датчиків та камер дані надсилаються диспетчеру, який фіксує наявність позаштатної ситуації та висилає до транспортного засобу необхідну екстрену службу (швидка допомога, пожежники, поліція тощо).

Необхідною умовою для якісної та коректної роботи системи є стабільний та безперервний мобільний зв'язок. Для забезпечення раціонального розподілу трафіку та уникнення збоїв в системі «розумний транспорт» використовується метод пріоритезації трафіку.

Запропонована система входу-виходу дозволить зробити користування громадським транспортом економічно вигідним для пасажирів, оскільки тепер вони повинні будуть сплачувати лише за ту відстань, що вони проїхали фактично. Відсутність потреби у готівці та здійснення оплати водію завдяки id-картам та смартфонам з NFC модулем дозволить вирішити проблему черг, затрат часу на пошук грошей та отримання здачі, а також запобігатиме відволіканню водія від слідування за дорогою, що добре позначиться на безпеці людей.

Таким чином, додаткове встановлення в транспорті датчиків та камер, зміна систем входу та виходу, а також застосування методу пріоритезації трафіку дозволить зробити користування громадським транспортом значно безпечнішим, а також більш зручним та вигідним в економічному плані.

В подальшому буде проводитися моделювання роботи інформаційної системи з використанням мобільного зв'язку різних стандартів під час зупинок і руху транспортного засобу, з метою дослідження впливу кількості пасажирів та швидкості передачі і обробки даних з їх носіїв на якість інформації, яка передається до диспетчера.

УДК 621.396.67

Костенко В.О.<sup>1</sup>, Калюжний А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-227сп ЗНТУ

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

В пароконвектоматах італійського та німецького походження, які заповнили в наш час ринок України, в робочій камері підтримується температура на рівні  $180^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ , а також дозовано подається водяний пар. Вдале поєднання високої температури та вологості в робочій камері гарантує високу якість страв. Досвідчений оператор, виконуючи певні операції на протязі деякого часу, може орієнтовно знати, які показники температури й вологості потрібно задавати перед початком приготування їжі.

Таким чином, у оператора повинна бути можливість регулювати температуру та вологість всередині камери. Питання регулювання температури не викликає утруднення. Класична схема вимірювання температури за допомогою термопари і стандартного блоку з мікроконтролером дозволяє організувати ланцюг зворотного зв'язку та керувати напругою на термоелектричних елементах, тобто керувати температурою.

Питання вимірювання вологи при температурі  $+180^{\circ}\text{C}$  достатньо складне. В промислових умовах, частіш за все, виконують вимірювання вологості опосередковано: в потоці нагрітого повітря, що проходить на виході парогенератору, фактично на деякій відстані від джерела і при вже зниженій температурі.

Спостереження за роботою оператора підказали іншу ідею керування вологістю в пароконвектоматах при високій температурі. Ідея полягає в відмові від вимірювання вологи взагалі, точніше – в узагальненні досвіду оператора на конкретній установці.

Подавання пару в робочу камеру може бути виконаним через електромагнітний клапан (наприклад, через систему омивача вітрового скла автомобіля).

Керування відкривачем клапана виконується подаванням імпульсів струму різної тривалості, тобто ШІМ-регулятором. За основу ШІМ-регулятора вибрали мікросхему аналогового таймера NE555, вартість якого менше 10 гривень.

Дослідним шляхом було виявлено середній діапазон регулювання часу перебування електромагнітного клапану в відкритому стані, яке відповідало тривалості імпульсів  $\tau_{\text{имп}}=0,5 \cdot T$ . На панель пароконвектомату виведена ручка змінного резистора, обертання якого змінює співвідношення довжини імпульсів до паузи, тобто шпаруватість, отже і час знаходження клапану в відкритому стані.

Запропонована схема регулювання забезпечує керування вологістю  $\pm 20\%$  від реальної середньостатистичної, вирахованої при температурі в робочій камері  $+180^\circ\text{C}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [ru.wikipedia.org/wiki/Пароконвектомат](http://ru.wikipedia.org/wiki/Пароконвектомат).
2. [uk.wikipedia.org/wiki/Широтно-імпульсна\\_модуляція](http://uk.wikipedia.org/wiki/Широтно-імпульсна_модуляція)

УДК 621.396

Кабак В.С.<sup>1</sup>, Шараєвська О.А.<sup>2</sup>

1 доц. ЗНТУ

2 студ. гр. РТ-918сп ЗНТУ

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПРОТОКОЛІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ

Методи множинного доступу або методи ущільнення в телекомунікаціях практично представляють способи розділення єдиного частотно-часового ресурсу на канали передачі, але ці канали ще необхідно призначити конкретним пристроям. Ця задача є особливо актуальною у безпроводних мережах, оскільки серед користувачів телекомунікаційної системи необхідно досягнути певне погодження на спільне використання каналу зв'язку, яке зазвичай трактують як протокол множинного доступу.

Однією з найпоширеніших класифікацій протоколів множинного доступу є розбиття їх на три класи:

- протоколи безконкурентного доступу;
- протоколи з конкурентним доступом;
- підклас протоколів CDMA.

Метою даної роботи є моделювання каналу зв'язку з використанням протоколів з конкурентним доступом. Для таких протоколів ніякого планування передачі не планується. Це означає, що користувач, який готовий для передачі інформації не має ніякого уявлення в який момент часу він може здійснити передачу без завад від інших користувачів. Відповідно, якщо декілька користувачів почнуть передачу приблизно в один і той же момент часу, то усі передачі не дійдуть до адресатів через взаємні завади – виникає, так звана, колізія. В результаті процес успішної передачі за таких умов може вважатися наближенням до випадкового процесу, а задачею протоколу з випадковим доступом є вирішення цієї конкурентності серед багатьох користувачів.

В роботі проводиться моделювання характеристик каналу для протоколів випадкового доступу з повторенням. До цієї групи відносять класичний (чистий) протокол ALOHA, модифікація цього протоколу S-ALOHA (слотована ALOHA) протокол множинного доступу з детектуванням несучої CSMA (Carrier Sense Multiple Access) і протокол ISMA (DSMA).

Якість протоколів доступу звичайно оцінюють за трьома введеними фундаментальними показниками – нормованим інформаційним обсягом або нормованим трафіком, нормованою пропускну здатністю і нормованим середнім часом затримки передачі.

Основною метою моделювання є визначення пропускну здатності і затримки передачі з метою порівняння різних протоколів доступу до каналу.

Структурно модель реалізована у вигляді програмного комплексу у середовищі Matlab і містить головну програму і ряд підпрограм, необхідних для моделювання різних протоколів.

Для усіх видів протоколів передбачається виконання двох незалежних задач: по-перше, це реалізація трафіка, що підлягає пуасонівському розподілу – вирішується у головній програмі і, по-друге, визначення геометричного місця розташування терміналів користувачів у зоні обслуговування (передбачається до 100 користувачів) і, власне, точки доступу.

Друга задача вирішується набором таких підпрограм:

- підпрограма розташування терміналів користувачів;
- підпрограма розрахунку відстані між точкою доступу і терміналом користувача.

Для моделювання різних протоколів визначені умови відсутності колізій для конкретного протоколу і реалізовано основні алгоритмічні етапи функціонування протоколів, що відображено у таких підпрограмах:

- підпрограма моделювання протоколу ALOHA;
- підпрограма моделювання протоколу S-ALOHA;
- підпрограма моделювання протоколу CSMA/CD;
- підпрограма моделювання протоколу ISMA.

В результаті моделювання для усіх видів протоколів отримані залежності нормованої пропускну здатності і середнього часу затримки передачі в залежності від нормованого трафіка. Проведено порівняння результатів моделювання з результатами теоретичного аналізу. Проаналізовано вплив затримки розповсюдження радіохвиль на показники якості. Розглянуто особливості визначення показників якості протоколів для провідних і безпроводних мереж.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Harada H. Simulation and software radio for mobile telecommunications [Текст] / H. Harada, R. Prasad; - Artech House, 2003.-465 p.

2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б. Скляр; Пер. с англ. ; -М. : Издательский дом “Вильямс” , 2003. – 1104 с.

УДК 621.396.9

Кабак В.С.<sup>1</sup>, Баранов В.А.<sup>2</sup>

1 доц. ЗНТУ

2 студ. гр. РТ-218сп ЗНТУ

## МОДЕЛЮВАННЯ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ DS-CDMA

У синхронних DS-CDMA системах кожен з користувачів використовує свій власний адресний код для розширення спектру інформаційного сигналу. У кожному з терміналів користувачів інформаційні дані спочатку підлягають одному з видів цифрової модуляції (наприклад, BPSK або QPSK). Потім модульовані біти підлягають процедурі розширення спектра кодовою послідовністю. Для того, щоб отримати необхідне розширення спектра модульованого сигналу, швидкість повторення чіпів кодової послідовності повинна бути набагато більшою за швидкість передачі інформаційного сигналу, а сама кодова послідовність повинна мати властивості псевдовипадкової послідовності (ПВП).

Демодуляція сигналу для DS-CDMA систем відбувається також у два етапи. Перший етап – це стиск спектра прийнятого сигналу, який виконується шляхом визначення кореляції прийнятого сигналу і синхронізованою копією розширюючої послідовності (ПВП), яка використовувалася у передавачі. Другий етап реалізується за допомогою звичайного демодулятора виду радіочастотної модуляції.

На підставі розглянутого алгоритму реалізована модель каналу зв'язку з використанням методу DSSS у середовищі Matlab. Відповідно до



розглянутого алгоритму для кожного з користувачів на першому етапі здійснюється радіочастотна модуляція QPSK з використанням формуючого фільтра Найквіста типу “піднесений косинус”, а на другому етапі відтворено процес розширення спектра. Далі, сформований в основній смузі частот сигнал передається через еквівалентний канал зв'язку. Моделювання проводилося як для каналу за наявності тільки білого гаусівського шуму (AWGN канал), так і для каналу за наявності частотно неселективних замирань.

Власне сама модель подається у вигляді програмного комплексу, який складається з головної програми і ряду підпрограм, які забезпечують функціонування головної програми.

Для здійснення операції розширення спектра в моделі пропонується генерація трьох видів розширюючого коду – М-последовностей, последовностей Голда і ортогональних Голд-последовностей. Вибір тієї чи іншої последовності здійснюється у головній програмі за допомогою операторів switch, case і змінної sec.

В синхронних DS-CDMA системах кількість кодів, що повинна бути призначена різним користувачам повинна рівнятися довжині кодів, що використовуються. Наприклад, якщо використовується трьохрозрядний регістр зсуву для генерації М-последовності, то кількість користувачів, яка буде підлягати аналізу не повинна перевищувати 7.

На початку моделювання відбувається генерація випадкової последовності інформаційних даних з однаковою ймовірністю з'явлення нулів і одиниць. Для сформованого інформаційного потоку реалізується робота I,Q – модулятора QPSK сигналів [1].

Подалі реалізується другий етап модуляції, а саме, операція розширення спектра, тобто відбувається перемноження отриманого модульованого сигналу і згенерованої кодової последовності за допомогою підпрограми spread.m. Відповідно до принципів цифрової обробки сигналів здійснюється операція передискретизації з порядком передискретизації IPOINT=8 і наступною фільтрацією у формуючому фільтрі Найквіста.

Оскільки процеси на радіочастоті в моделі не розглядаються, то отримані символи можна вважати вихідними сигналами кожного з каналів модулятора, які передаються через еквівалентний канал зв'язку в основній смузі частот.

У приймачі до переданих закодованих бітів додається білий гаусівський шум відповідно до заданого відношення  $E_b/N_0$  і вводяться наслідки ефекту федінга через доплерівське розсіювання. Потім прийняті дані проходять таку ж фільтрацію у формуючому фільтрі, як це відбувалося на передавальному боці.

Подалі в моделі усувається передискретизація, яка вводилася на передавальному боці у I та Q каналах відповідно. Тобто на цьому етапі отримуються сигнал з розширеним спектром, який є сумою сигналів від усіх користувачів.

Наступною операцією є зворотний стиск спектра прийнятого сигналу у кореляторі, що дозволяє визначити саме сигнал від корисного користувача. Кореляційна обробка прийнятого сигналу (стиск спектру) реалізується у програмному комплексі підпрограмою despread.m.

В результаті моделювання отримані графічні залежності показника BER від відношення  $E_b/N_0$ . Як для AWGN каналу, так і для каналу з частотно-неселективними завмираннями під час використання M-послідовностей і Голд-послідовностей проявляється поступове погіршення якості зв'язку при збільшенні кількості користувачів. Найкращі результати були отримані для ортогональної Голд-послідовності, де збільшення користувачів від 1 до 7 не призвело до погіршення BER.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Harada H. Simulation and software radio for mobile telecommunications [Текст] / H. Harada, R. Prasad; - Artech House, 2003. - 465 p.

## СЕКЦІЯ «МІКРО-ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

УДК 535.343

Коротун А.В.<sup>1</sup>, Погосов В.В.<sup>2</sup>, Курбацький В.П.<sup>1</sup>, Беякін Ю.Ю.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> проф. ЗНТУ

<sup>3</sup> студ. гр. РТЗ-314м ЗНТУ

### ДІЕЛЕКТРИЧНА ФУНКЦІЯ БІМЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК

Рівень розвитку нанотехнологій, досягнутий в останні десятиліття, привів до вдосконалення методів синтезу наночастинок. При цьому на їх оптичні властивості впливає не лише зміна розмірів і форми частинок, але і варіація їх внутрішньої структури і складу. Особливий інтерес серед подібних об'єктів викликають біметалеві наносистеми. Це зумовлено додатковими можливостями з керування оптичними властивостями матеріалу на їх основі, що виникають при зміні морфології наночастинок від неупорядкованого сплаву до шаруватих структур типу «ядро – оболонка» ( $A @ B$ ) [1], в яких метал  $A$  (ядро) знаходиться в оболонці металу  $B$ .

Діелектрична функція металеві сфери радіусом  $r$ , вкритої шаром іншого металу товщиною  $t$ , визначається виразом [2]:

$$T_{\text{core-shell}} = T_{\text{shell}} \frac{2Q^3 (T_{\text{core}} - T_{\text{shell}}) + (2T_{\text{shell}} + T_{\text{core}})}{(2T_{\text{shell}} + T_{\text{core}}) - Q^3 (T_{\text{core}} - T_{\text{shell}})}, \quad (1)$$

де  $Q = 1 - t / (r + t)$ , а діелектричні функції металевих ядра та оболонки описуються виразами Друде

$$T_{\text{core}}(\omega) = T_c^\infty - \frac{\omega_{p,c}^2 \tau_c^2}{1 + \omega^2 \tau_c^2} + i \frac{\omega_{p,c}^2 \tau_c}{\omega(1 + \omega^2 \tau_c^2)}; T_{\text{shell}}(\omega) = T_s^\infty - \frac{\omega_{p,s}^2 \tau_s^2}{1 + \omega^2 \tau_s^2} + i \frac{\omega_{p,s}^2 \tau_s}{\omega(1 + \omega^2 \tau_s^2)}. \quad (2)$$

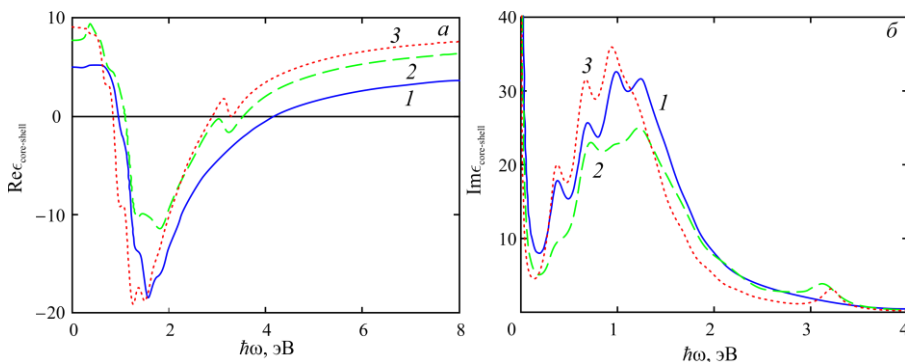
Тут  $T_{c(s)}^\infty$  – компоненти, що описують внесок іонного остову металів ядра та оболонки;  $\omega_{p,c(s)} = \sqrt{e^2 \bar{n}_{c(s)} / T_0 m_{c(s)}^*}$  – плазмова частота, що відповідає металам ядра та оболонки,  $\bar{n}_{c(s)}$ ,  $m_{c(s)}^*$  і  $\tau_{c(s)}$  – концентрація, ефективна маса і час релаксації електронів провідності в ядрі та оболонці.

Для врахування розмірних ефектів у рамках моделі Друде у формулах (2) для діелектричних функцій металевих ядра та оболонки величину  $\tau_{c(s)}$  потрібно замінити на  $\tau_{eff}^{c(s)}$ , що визначається [3,4]:

$$\frac{1}{\tau_{eff}^{c(s)}} = \frac{1}{\tau_{bulk}^{c(s)}} + \frac{1}{4} \left( \frac{\omega_{p,c(s)}}{\omega} \right)^2 \left[ 1 - \frac{2v_s^{c(s)}}{\omega} \sin \frac{\omega}{v_s^{c(s)}} + \frac{2v_s^{c(s)2}}{\omega^2} \left( 1 - \cos \frac{\omega}{v_s^{c(s)}} \right) \right] \frac{v_F^{c(s)}}{r_{c(s)}}, \quad (3)$$

де  $v_s^{c(s)} = v_F^{c(s)} / 2r_{c(s)}$ ;  $v_F^{c(s)}$  – швидкість Фермі, а  $r_c = r$  для ядра і  $r_s = t$  – для оболонки.

Розрахунки діелектричної функції сферичних наночастинок Ag @ Au показали (рис. 1), що за відносно малих частот на кривих частотних залежностей дійсної та уявної частин помітні дрібномасштабні осциляції. Наявність подібних осциляцій зумовлена класичними розмірними ефектами, що виникають внаслідок близькості розміру наночастинок і довжини хвилі падаючого випромінювання з даного спектрального діапазону. Крім того, на кривих  $\text{Re}\epsilon_{core-shell}(\hbar\omega)$  і  $\text{Im}\epsilon_{core-shell}(\hbar\omega)$  спостерігаються розщеплення мінімумів і максимумів, що пояснюється поглинанням і розсіянням електромагнітних хвиль, як в ядрі, так і в оболонці.



$a$  – дійсна частина;  $b$  – уявна частина  
 $1 - t = 1$  нм;  $2 - t = 5$  нм;  $3 - t = 10$  нм

Рисунок 1 – Частотні залежності діелектричної функції частинок Ag @ Au радіусом 10 нм за різних значень товщини оболонки

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. R.G. Chaudhuri, S. Paria // Chem. Rev. V. 112. P. 2373–2433 (2012).

2. Г. ван де Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. М.: ИИЛ, 1961. 536 с.
3. U. Kreibig, M. Vollmer. Optical Properties of Metal Clusters. Berlin: Springer, 1995. 527 p.
4. N.I. Grigorchuk, P.M. Tomchuk // Phys. Rev. B. V. 84, No8. id. 085448 (2011).

УДК 37:004  
Нагорна Н.М.  
старш. викл. ЗНТУ

## ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ НЕСТАЦІОНАРНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єктом дослідження є система автоматичного регулювання (САР) зі змінними у часі коефіцієнтами. Необхідно синтезувати передавальну функцію коригуючого пристрою, яка забезпечить періодичний перехідний процес з невеликим перерегулюванням протягом усього часу роботи. Нестационарні системи описуються системами нелінійних диференціальних рівнянь.

Для спрощення завдання систему можна піддати лінеаризації, використовуючи метод заморожених коефіцієнтів. У методі заморожених коефіцієнтів на досліджуваному часовому інтервалі роботи САР вибираються послідовні моменти часу, в які змінні параметри приймають постійне значення, тобто "заморожуються". Зазначений метод доцільно застосувати, якщо коефіцієнти змінюють свої значення за часом в досить малих величинах.

Передавальна функція досліджуваної системи задана і має вигляд:

$$W(s, t) = \frac{b_0(t)s^3 + b_1(t)s^2 + b_2(t)s + b_3(t)}{a_0(t)s^4 + a_1(t)s^3 + a_2(t)s^2 + a_3(t)s + a_4(t)}. \quad (1)$$

Значення коефіцієнтів чисельника і знаменника передавальної функції у фіксовані моменти часу показані на рис. 1.

Передавальні функції системи автоматичного регулювання для третьої та четвертої секунди, отримані за допомогою системи MATLAB, показані на рис. 2.

Модель досліджуваної системи була розроблена з використанням пакету Simulink системи MATLAB (рис. 3).

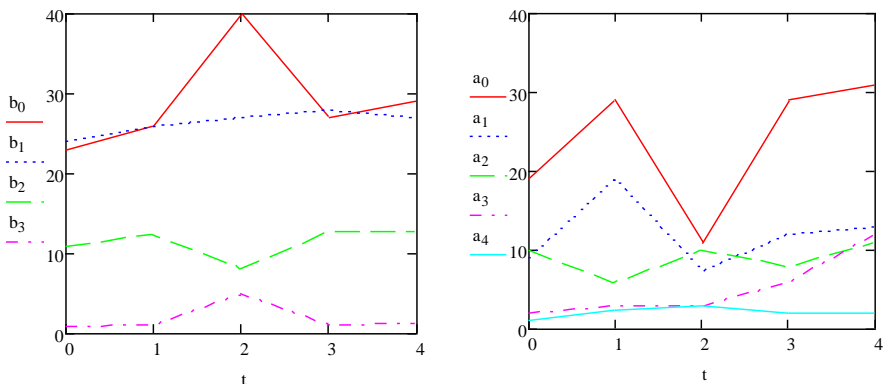


Рисунок 1 - Значення коефіцієнтів передавальної функції (1) у фіксовані моменти часу

```
>> time_3
>> Gp=tf([b0 b1 b2 b3], [a0 a1 a2 a3 a4])

Gp =

    27 s^3 + 28 s^2 + 12.7 s + 1.2
-----
    29 s^4 + 12 s^3 + 8 s^2 + 6 s + 2

>> time_4
>> Gp=tf([b0 b1 b2 b3], [a0 a1 a2 a3 a4])

Gp =

    29 s^3 + 27 s^2 + 12.8 s + 1.3
-----
    31 s^4 + 13 s^3 + 11 s^2 + 12 s + 2
```

Рисунок 2 - Передавальні функції для третьої та четвертої секунди роботи системи автоматичного регулювання.

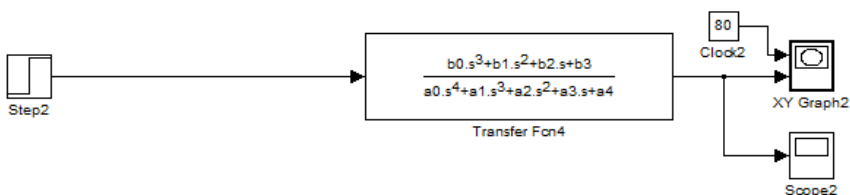


Рисунок 3 – Модель динамічної системи.

Отримані в результаті моделювання перехідні характеристики системи, тобто реакції системи на одиничний стрибок в моменти часу 1 с, 2 с, 3 с, 4 с, показали, що перехідні процеси мають коливальний характер зі зростаючою амплітудою, що свідчить про нестійкість роботи досліджуваної системи.

Для оцінки інших характеристик системи використовувалися функція *ltview*, яка відкриває спеціальний засіб перегляду часових і частотних характеристик моделі. Запис виклику функції у командному вікні Command Window MATLAB має вигляд:

*ltview*

Для обміну даними між робочими середовищами MATLAB та LTI-Viewer використана команда меню вікна оглядача **File> Import**. Характеристики системи на четвертій секунді її роботи, отримані за допомогою *ltview* на вкладці *Plot Configurations*, показані на рис. 4.

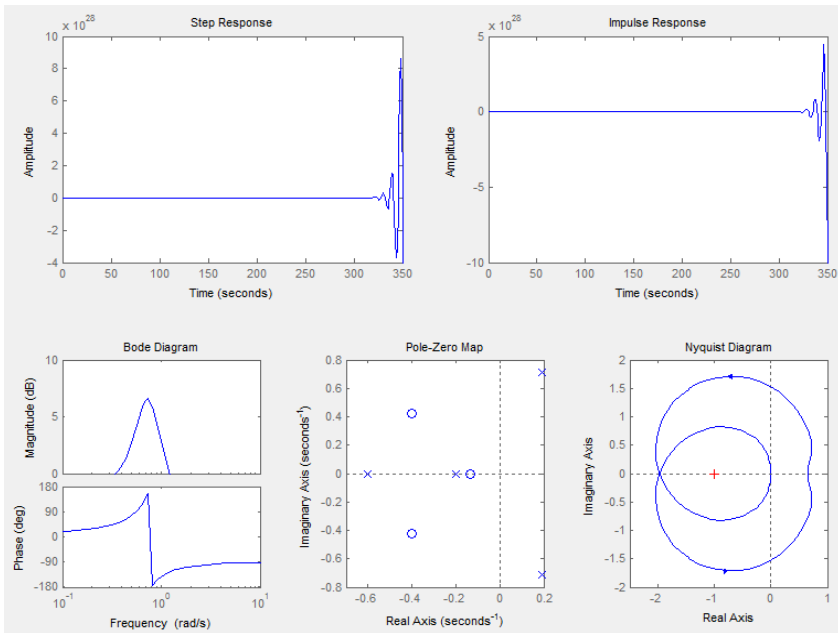


Рисунок 4 – Характеристики системи, представленої передавальною функцією для четвертої секунди її роботи.

Аналіз характеристик, показаних на рис. 4, підтверджує, що система нестійка. Два комплексно-сполучених полюси системи знаходяться в правій півплощині комплексної площини, а годограф Найквіста охоплює точку з координатами  $1+j0$ .

Далі у модель системи послідовно був введений коригувальний пристрій мінімального порядку. Він має нуль і полюс коригувального

фільтра, щоб змінити траєкторію кореневого годографа. Передавальна функція коригувального пристрою має вигляд:

$$W(s) = \frac{s + 0.39}{s + 0.99}$$

Модель з коригувальним пристроєм представлена на рис. 5.



Рисунок 5 - Модель системи з коригувальним пристроєм.

При аналізі перехідних процесів моделі (рис. 5) порівняно з роботою моделі без коригувального пристрою коливальний процес у системі починається пізніше, але вона все одно є нестійкою.

Для подальшого поліпшення роботи системи був введений негативний зворотний зв'язок (рис. 6).

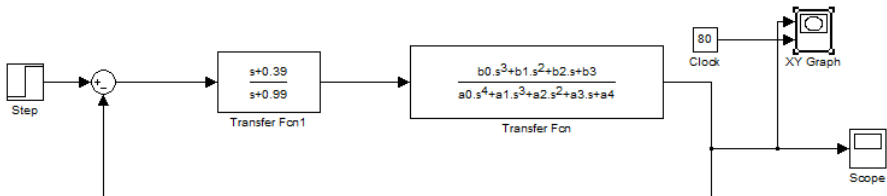


Рисунок 6 - Модель системи з коригувальним пристроєм та негативним зворотним зв'язком

Аналіз отриманих перехідних характеристики показав, що спочатку роботи системи спостерігаються коливання, які затухають достатньо тривалий час. Тобто система є стійкою.

Для подальшого покращання перехідної характеристики була використана функція *rltool*.

Функція *rltool* відкриває графічний інтерфейс, що дозволяє проектувати коригувальний пристрій в замкнутій одновимірній системі регулювання методом кореневого годографа. На рис. 7 показано, як викликала функція *rltool* з командного вікна. Ім'я коригувального пристрою *comp*.



```
>> rltool(Gp)
>> Comp=tf([1 0.39], [1 0.99]);
>> rltool(Gp, Comp)
```

Рисунок 7 – Виклик функції *rltool*.

Після виклику функції *rltool* з'являється вікно з корневим годографом (рис. 8).

Пересуваючи вручну корені за заданими траєкторіями, можна добитися поліпшення перехідної характеристики системи.

При пересуванні коренів одночасно змінюються і характеристики, показані на рис. 9.

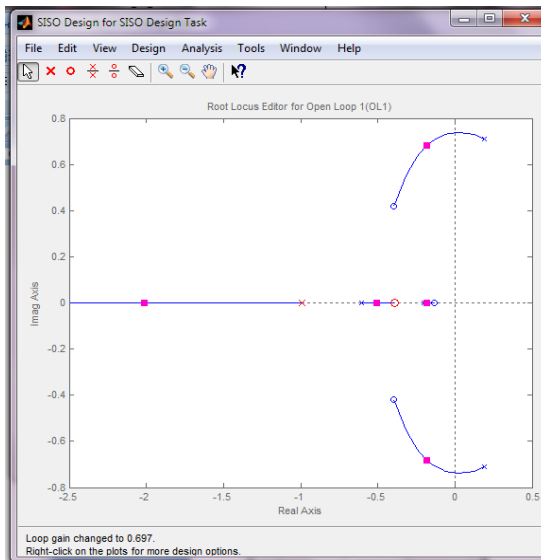


Рисунок 8 - Вікно з корневим годографом.

У вікні *Control and Estimation* на вкладці *Tools Manager Compensator Editor* можна побачити параметри компенсатора (коригувального пристрою). Вказане вікно показане на рис.10.

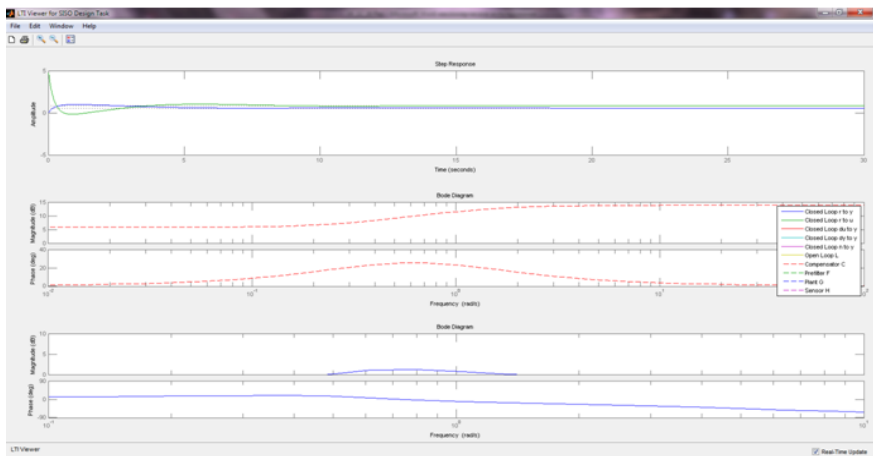


Рисунок 9 – Характеристики системи, отримані в SISO Design Tool (реакція на одиничний стрибок моделі з замкненою петлею зворотного зв'язку, частотні характеристики з коригувальним пристроєм та без нього).

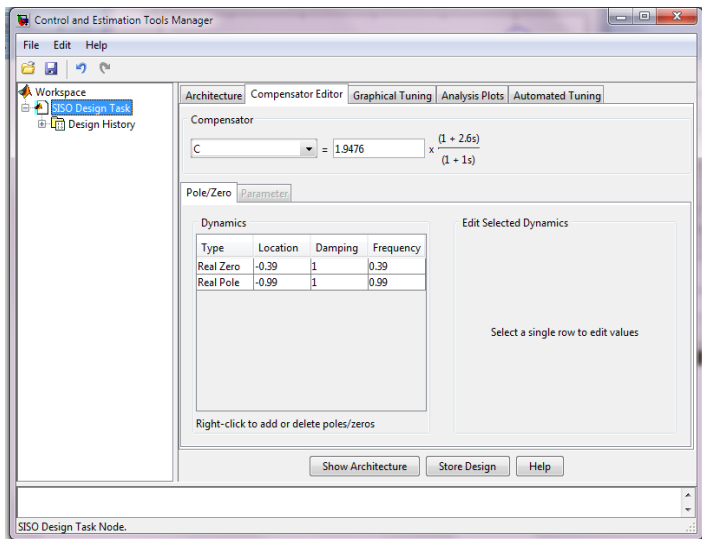


Рисунок 10 – Вікно з параметрами компенсатора

Отримані параметри коригувального пристрою були введені у модель системи, показану на рис. 11.

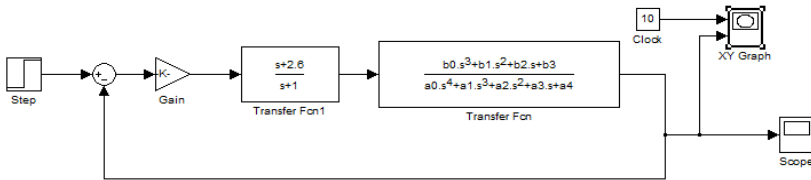


Рисунок 11 – Модель системи з коригувальним оптимізованим за параметрами пристроєм

Результати роботи моделі представлені на рис. 12.

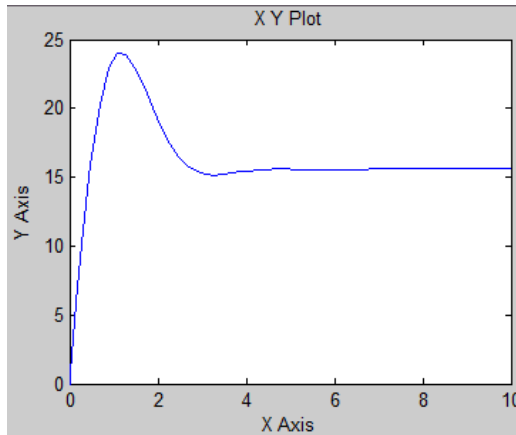


Рисунок 12 – Результати роботи моделі системи з коригувальним пристроєм, що має оптимізовані параметри

Перехідна характеристика на рис. 12 значно поліпшена. Перехідний процес швидко затухає. Недоліком є те, що характеристика має значний викид внаслідок перерегулювання. Для усунення викиду необхідно ускладнювати систему автоматичного регулювання шляхом введення додаткових блоків, наприклад, в ланцюг зворотного зв'язку.

Висновки:

1) дослідження нестационарної системи регулювання, передавальна функція якої була задана, проведено декількома способами. При дослідженні використовувався метод «заморожених» коефіцієнтів для отримання

чисельних значень коефіцієнтів передавальної функції на різних секундах функціонування системи;

2) перший спосіб включав розробку моделей досліджуваної системи в системі Simulink MatLab;

3) другий спосіб використовувався для дослідження стійкості системи, в якому застосовувався модифікований метод кореневого годографа і система моделювання динамічних і подієкерованих систем - SISO Design Tool середовища інженерних і наукових розрахунків MatLab;

4) з використанням перелічених способів вдалося значно покращати перехідну характеристику системи, але не вдалося усунути перерегулювання;

5) роботу системи можна покращати при введенні додаткових блоків корекції.

УДК 539.211

Матюшин В.М.<sup>1</sup>, Павлюк В.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>доктор фіз.-мат. наук, проф. кафедри мікро- і наноелектроніки ЗНТУ

<sup>2</sup>студент кафедри мікро- і наноелектроніки ЗНТУ

## **СТВОРЕННЯ ВИПРЯМЛЯЮЧОЇ НАПІВПРОВІДНИКОВОЇ СТРУКТУРИ ПРИ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІЙ ДІЇ АКТИВНОГО ВОДНЕВОГО СЕРЕДОВИЩА**

В сучасній електронній технології однією з найважливіших проблем є зниження температур високотемпературних технологічних процесів, таких як гетеродифузія домішок, і зниження витрат на виробництво виробів електроніки і поліпшення їх електрофізичних параметрів.

Одним з можливих шляхів зниження температури проведення легування в приповерхневих областях напівпровідників є енергетичне стимулювання дифузії та інших приповерхневих процесів активним газовим середовищем [1-2]. Найбільш прийнятне використання атомарного водню, в результаті рекомбінації якого виділяється досить значна енергія - порядку 4,5eV [1]. Крім того, водень легко виходить, зберігається і екологічно нешкідливий.

Для подальшого дослідження була обрана модельна система мідь-германій. Це обумовлено тим, що в системі мідь-германій добре вивчені термічні дифузійні процеси, дифузія при високих температурах проходить аномально швидко і останнім часом застосування мідної металізації є актуальним. Було виявлено, що нетривалий вплив середовища з атомарного водню на покриті мідною плівкою монокристали германію призводить до створення структури з діодною вольтамперною характеристикою.

У даній роботі була проведена серія експериментів з вивчення електрофізичних параметрів структур мідь-германій, які піддавалися обробці атомарним воднем. Оцінювався вплив на характер вольтамперних характеристик таких величин, як концентрація атомарного водню і час обробки в атомарному-водневій суміші. Зняття ВАХ проводилися безпосередньо після обробки і через якийсь час. Зразки представляли собою монокристалічної пластини п-германію. Тонка плівка міді наносилась на них методом термічного випаровування у вакуумі.

Вольтамперні характеристики структур Ge-Cu змінювалися в процесі обробки в атомарному водні (рис. 1).

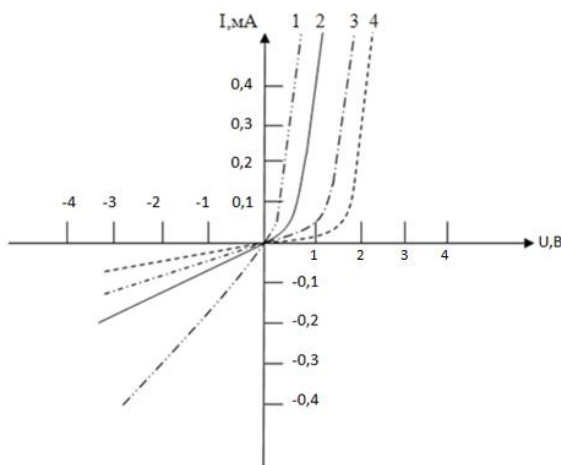


Рисунок 1 – Змінення вольтамперної характеристики зразків в результаті обробки в атомарному водні при концентрації  $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$

На рисунку зображено: до обробки (2), поява випрямляючий ВАХ після 900 с обробки (4), проміжна фаза при 1500 с обробки (3), зникнення випрямляючий ВАХ після 2100 с обробки (1).

На більшості зразків спостерігалось виникнення випрямляє ВАХ (після 900 секунд обробки при концентрації  $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$  і її зникнення при подальшій обробці (рисунок 1) з щільністю струму витоку не більше  $5 \cdot 10^{16} \text{ А/м}^2$ .

Виникнення випрямляючої ВАХ пояснюється також структурними змінами в плівці, і, зокрема, поліпшенням її адгезійних властивостей, що, було помічено при травленні плівок в азотній кислоті так що можна говорити про процеси аналогічних вжигання досягнутих при низькій температурі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Горбань О.М., Матюшин В.М., Ліщенко В.М. Міграція атомів міді і нікелю в приповерхневих шарах германію, стимульована дією атомарного водню // Український фізичний журнал. 1980. – Т.28. – №5. – С. 102-107

2 Горбань О.М., Матюшин В.М., Пінчук В.П. Гетеродиффузія в кремнії, стимульована рекомбінацією на його поверхні атомів водню // УФЖ. – 1980. – Т.25, – № 3, – С. 510-511.

UDC 539.23

Matyushin V.M.<sup>1</sup>, Velikanov M.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr. Sc. Phys.-Math. ЗНТУ

<sup>2</sup> RT-314m, ZNTU

## STIMULATION OF DIFFUSION PROCESSES IN STRUCTURE COPPER FILM - GERMANY UNDER ATOMIC HYDROGEN

The development of modern technology involves the creation of thin metal films on the surface of solids in order to improve their properties, change their physical, electrical and electrophysical parameters, which is directly related to the processes of mass transfer and doping. Thin metal films can also be effectively used as a source for doping near-surface or bulk crystal layers, including by diffusion of metal atoms from a film. In microelectronics, precision instrument making, machine building is the problem of improving the adhesion of metal films to different surfaces, which is directly related to the processes of mass transfer in the film-sublayer system [1].

For a sharp decrease in the total temperature in the technological system acceleration of diffusion processes under the action of atomic hydrogen (H) can be used [2]. At recombination of hydrogen atoms in a molecule on the surface of solids, relatively high energy (4.5 eV per one recombination event) is released, which, in the case of its transfer to surface atoms, can stimulate diffusion processes in near-surface and volume layers as a metallic film, for example and the rigid body on which this film is applied.

Thus, the study of processes of mass transfer in a heterosystem metal film - a solid, stimulated by the interaction of H, represents a great scientific and practical interest.

The source of molecular hydrogen was an electrolyzer, where molecular hydrogen was obtained by electrolysis in an aqueous KOH solution. Next, molecular hydrogen passed through the formaldehyde dehydration chamber with silica gel to absorb water vapor and enter the working system. The residual pressure was approximately 1 Pa, and the pressure of the atomic-molecular mixture

was 4-20 Pa, depending on the established concentration  $H$ .  $H$  was formed under the action of a high-frequency discharge. The concentration of  $H$  in the working volume was measured by the calorimetric method. The optimum concentration of  $H$  in the case of intensive treatment of samples was  $\approx 10^{14} - 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ .

The total temperature of  $T_{\text{pr.H}}$  did not exceed 310-320 K. For the processing of samples in  $H$ , the following mode was used:  $n_H \approx 5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ,  $P_H = 20 \text{ Pa}$ ,  $T_{\text{pr.H}} = 310 \text{ K}$ .

As a sublayer were n-type germanium crystals (with  $\rho_V = 1 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$ ) with a dislocation density of  $10^2 \text{ cm}^2$  and a surface orientation  $\langle 111 \rangle$ . One side was mechanically and chemically polished (purity class 14). On the prepared polished surface of the plates, a thin metallic film  $\text{Cu}$  was applied by thermal evaporation in a vacuum of 0.1 to 0.5  $\mu\text{m}$  thickness. The temperature of the underlayer at the same time does not exceed 350 K.

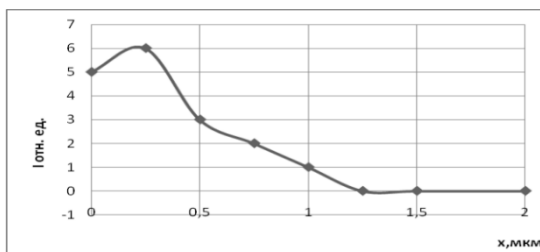


Figure 1 - Graph of diffusion of mussels, such as germanium, which has been previously treated in  $H$

To control the redistribution of film atoms, for example, a secondary ion mass spectrometry (SIMS) method was used [3]. The studies carried out with this technique showed the possibility of obtaining a complete integral distribution of  $\text{Cu}$  and  $\text{Ge}$  atoms in the film system - sublayers. With the help of SIMS, the distribution of ionic currents of copper and germanium in germanium specimens with a copper film, initially not treated with atomic hydrogen, and then treated with it, was removed.

The influence of  $H$  on the samples resulted in the sputtering of the copper film. The ionic currents of copper and germanium in samples of germanium with copper films treated with  $H$  showed that there is a redistribution of the concentration of copper atoms near the film boundary - crystal. Samples with a film thickness of 0.4  $\mu\text{m}$ , processed in  $H$  for 5 minutes were investigated. In this case, the processing of copper film is not completely sprayed. In this case, the thickness of the boundary layer of the film - a crystal (where the density of the film is less than its bulk value) was of the order of 0.01 microns. The average density of copper film in this layer was about 80% of its volume density. After this, to detect

the diffusion of copper in a copper film, the curve of the film curvature treated with Y was removed from the film curves for the untreated film and a redistribution of copper on the boundary of the film section - sublayers - was obtained.

From the graph (Fig. 1), the diffusion coefficient was calculated and the dependence of the diffusion coefficient on the depth was constructed. For this purpose, the distribution formula of impurities along the diffusion layer was used in the case of a diffusion source with unlimited power [4]:

$$C_x = C_0 \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right), \quad (1)$$

where  $C_0$  is the concentration;  $x$  – depth of the layer;  $D$  – diffusion coefficient;  $t$  – the processing time. For the superficial concentration  $C_0$  the highest value is taken on the ordinate axis.  $t = 5$  minutes (sample processing time). After that, a plot of the dependence of the diffusion coefficient of copper in the film on the thickness was constructed. As can be seen from Fig. 1 dependence has two sections: the first section (from 0 to 0.27 microns), the diffusion coefficient increases; on the site of 2 to 0.5 microns, falls (due to the appearance of a temperature gradient during the action of atomic hydrogen with a maximum temperature on the surface of the copper film). Such redistribution of copper in the film leads to its seal on the interface of the film-sublayers, which increases the adhesion film to the underlayer.

Consequently, under the action of H in a copper film, a substantial mass transfer occurs in the direction of the interface boundary between the substrate films and abnormally high coefficients of surface self-diffusion, which correspond to effective temperatures in the range from 1173 to 933 K, although the temperature at which processing was carried out in H was not more than 320 K. The main mechanism of mass transfer is the superficial intergranular. The structure of the film at the interface of the section is sealed, which leads to increased adhesion, improvement of its electrophysical (including electrical conductivity) properties, metal crystal contact improvement. In addition, processing in H increases the quality of the metal film as a source for the doping of semiconductor structures.

## REFERENCES

1. Borisenko V.E., Vorob'eva A.I., Utkina I.A. Nanoelectronika [Nanoelectronics]. – Moscow: Binom, 2009. – 223 p. (Rus)
2. Matyushin V.M., Zhavzharov E.L. MonografIya «RadikalorekombInatsIyna obrobka mIkrostruktur» [Monograph "Radical recombination of microstructures"], Zaporizhzhia: ZNTU.-2011, 190 p. (Ukr)



3. Veksler V.I. Vtorichnaya ionnaya emissiya metallov [Secondary ion emission of metals]. – М.: Science, 1978. - 302 p (Rus)

4. Gotra Z.Yu. Tehnologiya mikroelektronnyih ustroystv [Technology of microelectronic devices]. Directory. - Moscow: Radio and Communication, 1991. - 528 p. (Rus)

УДК 62-523.8; 519.876.2

Гавриленко Д.В.

магістр РТ-314м, ЗНТУ

## СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ В САЕ

У наш час системи автоматичного управління (САУ) мають широке поширення у різних галузях промисловості, енергетиці, транспорті і навіть у повсякденному житті, наприклад в технології розумний дім (Smart house). САУ – систематизований набір засобів впливу на підконтрольний об'єкт для досягнення цим об'єктом певної мети. Об'єкт системи керування може складатися з інших об'єктів, які можуть мати постійну структуру взаємозв'язків. Структурну схему САУ можна представити у вигляді рис.1.

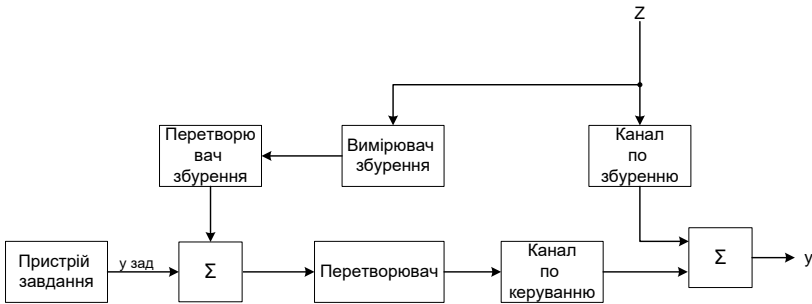


Рисунок 1 – Структурна схема САУ з принципом управління за збуренням

Об'єктом керування може бути будь-яка динамічна система чи її модель. Стан об'єкта характеризується деякими кількісними величинами, що змінюються в часі, тобто змінними стану. Особливий інтерес викликають замкнуті САУ, тобто така система яка може змінювати параметри пристрою керування зчитуючи значення з керованого об'єкту, що змінилися в часі. Представляє практичний інтерес дослідження САУ в спеціалізованих

програмних середовищах, таких, як САЕ [1,2] та їхня адаптація для учбового процесу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 20-sim 4.3 Reference Manual / Ir.C. Kleijn, Ir.M.A. Groothuis, Ir.H.G. Differ // Controllab Products B.V., 2012. – 1099 с.
2. Simulation Tools [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.idsia.ch/~andrea/Andrea\\_Rizzoli\\_Home\\_Page/Sim\\_Tools.html](http://www.idsia.ch/~andrea/Andrea_Rizzoli_Home_Page/Sim_Tools.html)

УДК 62-523.8; 519.876.2

Алексєєнко І.О.<sup>1</sup>, Василенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магістр РТ-314м, ЗНТУ

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц., ЗНТУ

## АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Застосування багатокоординатних маніпуляторів (БМ) у різних галузях промисловості одержує все більше поширення, що пов'язане з їхніми зростаючими функціональними можливостями, обумовленими прогресом, що відбувся за останні час в області автоматизації технологічних процесів [1]. Незважаючи на ефективний розвиток інтелектуального керування БМ робототехнічних комплексів [2], питання керування містять у собі безліч не вирішених і недостатньо вивчених проблем.

Таким чином, постала задача на конкретному прикладі дослідити і означити етапи автоматизованого проектування: від побудови концептуальної моделі та синтезу технічного завдання до матеріальної реалізації, із визначенням критеріїв якості і особливостей для кожної із підсистем, що можна використовувати при проектуванні оптимальних мехатронних систем подібної структури.

В якості об'єднуючої ідеї обрано принцип синергії, який пояснює, як завдяки агрегації підсистем із різних фізичних доменів народжуються системи із новими якостями. Одна з задач дослідження – показати логіку наскрізного проектування, тобто перетворення графічного зображення у матеріальний об'єкт та визначити оптимальний алгоритм функціонування.

Метою роботи є розробка та дослідження мехатронної системи та узагальнення отриманих результатів до рівня методики. Необхідно виконати синтез робототехнічної системи на основі аналізу варіантів побудови систем на макрорівні, з використанням парадигми синергії та принципів паралельного проектування.

Актуальність роботи визначається недостатнім рівнем розкриття питань розробки та дослідження багатокоординатних верстатів як систем для формоутворення деталей складної геометричної форми, при розв'язуванні задач, що висуюються учбовим та технологічним процесами. В даній роботі під формоутворенням розуміється вирізання деталі необхідної конфігурації з пінополістиролу.

Для досягнення поставленої мети необхідно пройти ряд етапів та розв'язати наступні задачі:

1. аналіз мехатронних систем, формування критеріїв якості верстату;
2. синтез мехатронної системи та її декомпозиція за різними принципами;
3. формування технічного завдання;
4. визначення системи координат та кінематичної схеми;
5. вибір типу привода;
6. вибір системи управління;
7. формування алгоритму функціонування системи;
8. узагальнення отриманих результатів на рівні методики.

Завданням роботи є розробка концепції, структури, функціональних вузлів та алгоритму функціонування мехатронної системи обраного типу.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що при синтезі концептуальної моделі враховано принцип синергії при виділенні домінуючої та об'єднуючої ролі програмного забезпечення в інформаційній підсистемі мехатронних систем. Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що розроблена методика синтезу систем подібного роду розширює методичне та інформаційне забезпечення відповідних етапів проектування на прийнятому рівні абстракції. Математичний базис, використаний для побудови геометричної моделі та підібране відповідне програмне забезпечення може використовуватися в подальшому для формування набору вхідних даних при калібруванні / налагодженні подібних систем.

Методика дослідження базується на використанні апарату моделювання на різних рівнях абстракції: на системному – побудовано концептуальну модель, на фізичному – побудовані геометричну та схематичну об'єктно-орієнтовані моделі, проведена симуляція у відповідних CAD. Об'єктом досліджень є інформаційні зв'язки в мехатронній системі верстату для формоутворення деталей. Предметом дослідження є алгоритм управління та методика наскрізного проектування багато мехатронної системи обраного типу.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:**

1. Подураев, Ю.В. Мехатроника: основы, методы применения: учеб. Пособие [Текст] / Ю.В. Подураев – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

2. Шахинпур, М. Курс робототехники [Текст] / М. Шахинпур – М.: Мир, 1990. – 527 с.

УДК 621.316.578

Нікішин В.В.<sup>1</sup>, Рева В.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магістр РТз-314м, ЗНТУ

<sup>2</sup>канд. фіз. мат. наук, ЗНТУ

## **АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ВІТРИН ТА ЗОВНІШНІХ РЕКЛАМНИХ ЩИТІВ**

Після аналізу основних приладів для керування штучним освітленням вітрин та зовнішніх рекламних щитів, таких як фотореле (сутінковий вимикач), програмовані таймери та астротаймери, було вибрано оптимальний спосіб керування освітленням, розглянуто принцип роботи та розроблено початковий варіант структурної схеми пристрою, яку зображено на рисунку 1.

Найпоширеніша модель керування є фотореле або сутінковий вимикач. Його робота ґрунтується на використанні фотоелементів та комутаційного пристрою. Вони повинні розташовуватися в на ділянці з максимальним освітленням для, щоб забезпечити оптимальний режим вмикання та вимикання штучного освітлення. Хоча він і може теоретично забезпечити довгу та точну роботу й ціни на них невеликі, при реальному використанні вони швидко виходять з ладу, оскільки фотоелемент, який в них використовується, дуже чутливий до впливу зовнішнього середовища. Наприклад, він може забруднитися, що призведе до несанкціонованого вмикання, чи також він піддається «старінню», тобто його характеристики з часом погіршуються внаслідок чого прилад перестає коректно функціонувати.

Інші пристрої – це програмовані таймери. Вони широко використовуються для контролю вмикання та вимикання різних електронних приладів. Хоча вони позбавлені недоліків фотореле (сутінковий вимикач), але для автоматизації штучного освітлення використовуються дуже рідко, оскільки мікроконтролер із вбудованим годинником реального часу, запам'ятовує тільки час, в який потрібно спрацювати. Оскільки моменти заходу та сходу Сонця постійно змінюються (протягом року та в залежності від географічного положення), тому даний прилад через певний інтервал часу треба корегувати.

Із постійним розвитком, сучасні мікроконтролери дозволяють обробляти все більше й більше інформації та робити різні математичні

обчислення. Тому, щоб позбавитися недоліків програмованих таймерів, потрібний час спрацювання не встановлюється, а розраховується за допомогою запрограмованого в них алгоритму астрономічних розрахунків заходу та сходу Сонця. Такі прилади називаються астротаймерами. В мікроконтролер вводяться потрібні параметри, а саме: точний час, дата та географічні координати місця установки приладу. За цими даними обчислюються моменти заходу і сходу Сонця. Обслуговування такого пристрою мінімальне і зводиться до коректування ходу годинника (що вимагається дуже рідко), та заміні раз на декілька років батареї резервного живлення.

До переваг астротаймеру, порівняно із аналогами, які на даний момент випускаються маловідомими китайськими фірмами, можна віднести можливість коректувати затримку вмикання освітлення, крім того, в програмі передбачений захист від можливих помилок внаслідок випадкового збою роботи алгоритму. Захист організований за допомогою сторожового таймера, який спрацьовує при перевищенні нормальної тривалості виконання основних програмних циклів. У таких випадках сторожовий таймер перезапускає мікроконтролер, що призводить до повторного старту програми. Прилад ремонтпридатний, оскільки всі елементи знаходяться у вільному продажу.

Пристрій працює від мережі 220 V, має в своєму складі імпульсний блок живлення, стабілізатор напруги та фільтри. Якщо напруга зникає, годинник реального часу живиться від резервного джерела в ролі якої виступає батарейка. Після відновлення напруги, програма на мікроконтролері запускається заново враховуючи данні, які нарахував годинник та заздалегідь збережені географічні координати.

На LCD дисплеї відображуються: поточний час, дата, розрахований час заходу та сходу Сонця, індикатор ввімкнення освітлення. Освітлення вмикається та вимикається через комутаційний пристрій, який також керується мікроконтролером.

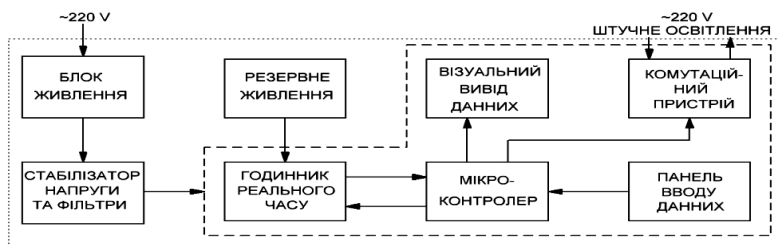


Рисунок 1 – Структурна схема астротаймера

## МАКРОМОДЕЛЮВАННЯ ФОТОДІОДІВ В ЕСАД

Напівпровідникові сонячні елементи (фотоелементи, ФЕ) є одним з видів невичерпаних альтернативних джерел. Вони мають значний термін життя, надійні та не потребують обслуговування. Енергетична криза та можливість створення високоефективних й недорогих сонячних батарей забезпечують сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики. Фотодіод – це фотоприймач, принцип дії якого заснований на фотогальванічному ефекті, фоточутливий елемент якого має структуру напівпровідникового діода.

При проектуванні електронних пристроїв, зокрема фотоперетворювачів, етап моделювання практично повністю замінив етап макетування. Для ефективної перевірки роботи будь-якої схеми на етапі моделювання необхідно досягнути максимальної відповідності моделі реальній схемі. Для цього необхідно дослідити модель кожного елемента схеми, проаналізувати їх недоліки, встановити можливу похибку, врахувати особливості обраного програмного. Проектування нових фотоелементів здійснюється на топологічному рівні. Проте більшість топологічних параметрів для моделювання неможливо дістати з довідникових даних, тому постає завдання створення моделі фотоелемента схемотехнічного та функціонального рівнів.

Крім того, для визначення можливої похибки моделювання систем на базі фотоелементів, а також адекватності отриманих моделей необхідно дослідити існуючі системи параметрів і системи рівнянь фотоелементів, встановити можливі недоліки та розробити нові моделі, які б відповідали заданим критеріям точності і надійності роботи, мали доступний перелік вхідних параметрів.

Для мінімізації кількості вхідних параметрів необхідно встановити, які параметри найбільш суттєво впливають на роботу фотоелементів і яким чином, а також дослідити схему заміщення. Необхідно розглянути залежність параметрів фотоелементів від температури, і визначити оптимальні режими роботи фотоелементів. Для розробки нових моделей необхідно також дослідити особливості програмно-інструментальних засобів програмного середовища, в якому моделі будуть функціонувати.

Зараз існує велика кількість спеціалізованих програмних пакетів для моделювання пристроїв електроніки, в демо-версії ЕСАД програми Micro Cap 11 (MC11) [1] є модель фотоелемента, яка є недослідженою до

кінця: невідомо яка схема заміщення використовується, недослідженою є система параметрів і рівнянь, характеристики в різних режимах роботи фотоелемента, а також залежність основних параметрів від температури. Ця модель базується на існуючих моделях звичайного випрямного діоду, наприклад, на Spice моделі.

Таким чином, актуалізується завдання дослідження і, якщо необхідно, вдосконалення і розробки моделей/макромоделей фотоелементів. Як правило, вдосконалені макромоделі будуються на основі бібліотечних моделей – прототипів шляхом додавання нових залежностей і дозволяє покращити головний показник процесу моделювання – точність.

Модель/макромодель, розроблена на підставі глибокого дослідження фізики процесів, що відбуваються у фотоелементі, і що має математичне обґрунтування, дозволить моделювати функціонування пристрою з найбільшою точністю.

Отже, об'єктом дослідження є моделювання фотоелементів в середовищі програм автоматизованого проектування / в системах ECAD. Предметом дослідження є макромоделі фотоелементів (фотодіоду). Мета роботи: дослідження і розробка макромоделей фотоелементів для роботи у фотогенераторному режимі.

Для розв'язання задачі необхідно виконати ряд приватних завдань:

- проаналізувати процеси в напівпровідникових структурах фотоелементів;
- вивести і обґрунтувати формули, що описують статичні характеристики;
- дослідити існуючі SPICE-макромоделі, визначити їх область адекватності, проаналізувати вхідні і внутрішні параметри;
- розробити макромоделі фотоелементів для поведінкового моделювання електронних схем живлення в системі MC11;
- верифікувати і вбудувати отримані моделі в бібліотеку MC11;
- отримати методика розробки і експлуатації таких моделей.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:**

1. Micro-Cap 11, Electronic Circuit Analysis Program Reference Manual, Spectrum Software [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.spectrum-soft.com/download/rm11.pdf/document> (in English)

УДК 621.316.71

Медведков С.С.<sup>1</sup>, Василенко О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магістр РТ-314м, ЗНТУ

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц., ЗНТУ

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РОЗУМНИЙ БУДИНОК «SMART-HOUSE»**

У даній роботі представлені результати дослідження та розробки автоматизованої системи розумний будинок «Smart-House», яка виконує функцію автоматичного моніторингу стану датчиків і модулів встановлених у будинку, з можливістю дистанційного керування через Internet, а також система безпеки з функцію оповіщення власника про порушення периметру. Автоматизована системи розумний будинок «Smart-House» має великий діапазон застосування: від офіса, квартири до приватного будинку із земельною ділянкою з декількома будівлями.

Було здійснено наскрізне проектування цієї автоматизованої системи: від синтезу концептуальної моделі та моделювання макету, до розробки програмного коду і всіх необхідних супровідних процесів для її матеріальної реалізації.

Система не тільки виконує автоматичну функцію контролю датчиків і модулів, але й має підсистему візуалізації, на основі якої користувач має можливість відстежувати та контролювати поточний стан усієї системи і кожного модулю окремо. Візуалізація, окрім виводу необхідної інформації на дисплей, має ще лінійку з окремих світлодіодів, які сигналізують про стан системи.

На дисплей підсистеми візуалізації виводиться інформація стосовно цифрових датчиків, які заміряють температуру повітря у приміщенні. На дисплей також виводиться інформація про стан силових реле (Relay Module Shield) у вигляді (увімкнено/ не увімкнено). Також уся інформація з дисплею дублюється на *html* сторінку у мережу Internet. Інформація передається через UART протокол.

Систему реалізовано на одній платі Arduino MEGA 2560, Internet shield (W5100). На модулі також встановлені: карта пам'яті для зберігання *html* версії сторінки, через яку виконується дистанційний контроль; 8-ми канальний модуль реле, який керує силовим навантаженням, датчиками температури і вологості повітря, датчиками руху.

Передачу інформації про стан датчиків до головної системи виконує спеціальне програмне забезпечення. Отриманий пакет даних мікроконтролер обробляє та виконує необхідні операції відповідно до прошивки. Інформація про будь-які зміни в системі виводиться на дисплей в Online-режимі, а також



дублюється на html сторінку, яку можна переглядати дистанційно через мережу Internet.

До переваг системи порівняно з аналогами, які в даний момент випускаються маловідомими китайськими фірмами, можна віднести можливість тонкого налаштування чутливості системи, можливість в будь-який момент часу виконувати операції вручну, також є можливість додати нові датчики та обновляти ПЗ. Система ремонтпридатна, оскільки всі елементи системи модульні.

Технологічними особливостями є:

Віддалене ручне керування увімкненням силових реле через браузер і контроль їх поточного стану;

Віддалений моніторинг групи датчиків температури;

Логування даних і реєстрація подій на карту пам'яті;

Відображення в браузері даних з усіх датчиків за вибраний період часу у вигляді графіків.

Згідно визначених критеріїв якості, синтезовано структурну схему системи (рис.1). Після етапів моделювання та макетування відкориговано положення і параметри датчиків, а також уточнені вимоги до програмного коду для керуючого пристрою підсистеми.

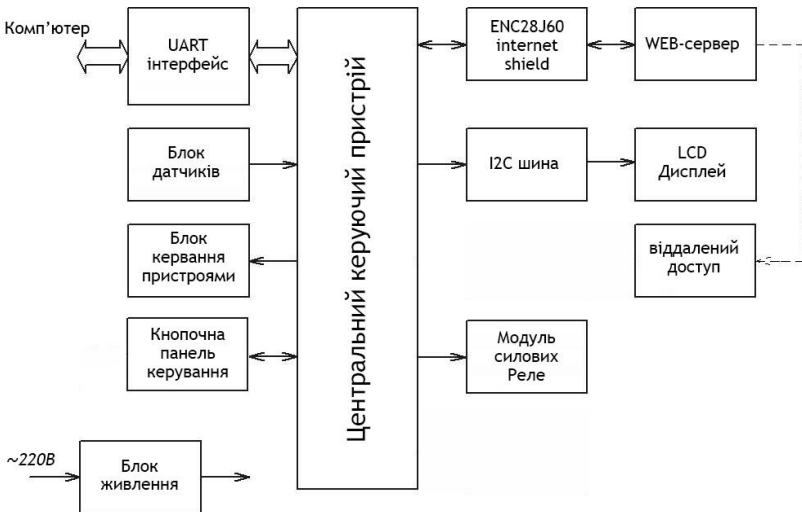


Рисунок 1 – Блок схема автоматизованої системи «SMART-HOUSE»

## ОПИС ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧНИХ БЛОКІВ МОВАМИ ВИСОКОГО РІВНЯ НА БАЗІ САПР З ЕЛЕКТРОНІКИ

Проект розробки пристрою на основі базових матричних кристалів (БМК) обов'язково підлягає тестуванню на різних етапах проектування. Одним з найбільш ефективних способів підтвердження відповідності проекту заданим у технічних умовах вимогам є прототипування пристрою, що розробляється. Прототипування виконується на основі стандартних або спеціально розроблених плат з встановленими програмованими логічними інтегрованими схемами (ПЛІС). Вказане прототипування дозволяє якісно протестувати логіку роботи мікросхеми. На рисунку 1 показаний приклад обміну інформацією між САПР з електроніки, представленої у вигляді файлів, написаних на мовах високого рівня Verilog, System Verilog з розширеннями .v та .sv, а також описами схем на мові PSpice (netlist) [1].

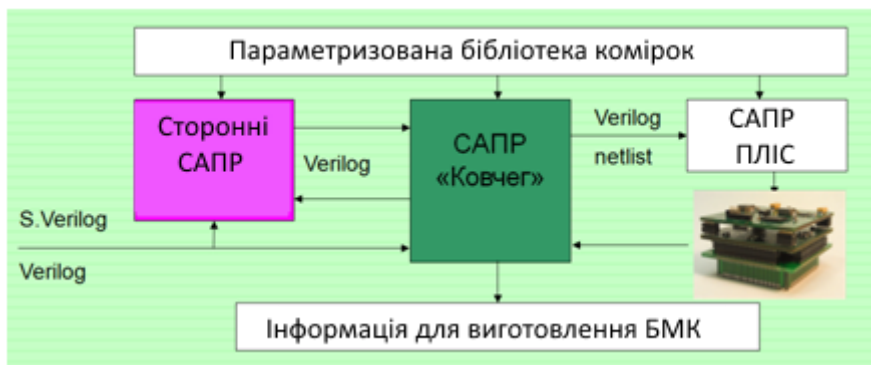


Рисунок 1 - Обмін інформацією між САПР з електроніки.

ПЛІС, які використовуються, для встановлення на плати, називаються імітаторами. Вимоги до імітаторів:

функціональна та параметрична еквівалентність мікросхеми, що розробляється у проекті;

конструктивна відповідність розташуванню виводів прототипів у вигляді ПЛІС.

Стандартний маршрут проектування цифрового пристрою на основі БМК представлений на рис. 2.

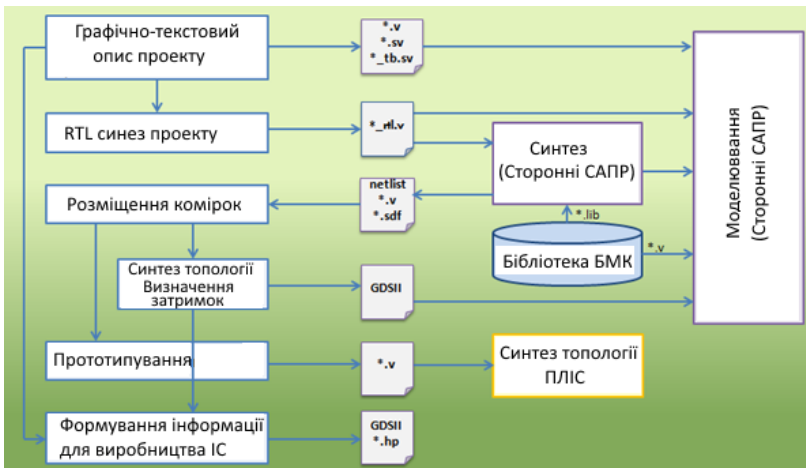


Рисунок 2- Маршрут проектування з використанням мов високого рівня.

Далі показаний приклад виконання декількох етапів проекту розробки пристрою на основі БМК в САПР "Ковчег" з автоматичною розробкою опису заданої схеми на мові Verilog.

Схема задається у графічному форматі (рис.3).

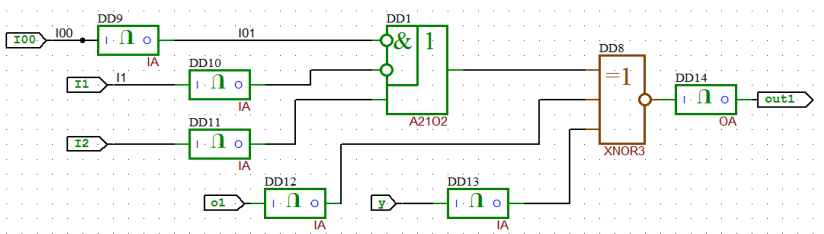


Рисунок 3 – Задана схемі на основі функціонально-логічних блоків.

Щоб виконати моделювання роботи схеми, необхідно задати контрольні точки, сигнали в яких будуть відображатися на часових діаграмах, а також розробити тести для перевірки логічної поведінки схеми.

Один зі способів представлення списку контрольних точок для даної схеми:

```

Группа1, ГРУППА2;
Группа1 :I1, I2, I00,y,o1;
Группа2 :out1;

```

Тести можуть бути розроблені проектувальником, або ж сформовані автоматично. Для перевірки роботи схеми тест був розроблений вручну.

```

DEFAULT_TEST:
I00 = 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1;
I1 = 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1;
I2 = 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1;
o1 = 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1;
out1 = T;
y = 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1;

```

Часові діаграми, отримані в результаті аналізу за розробленими тестами, показані на рис.4.

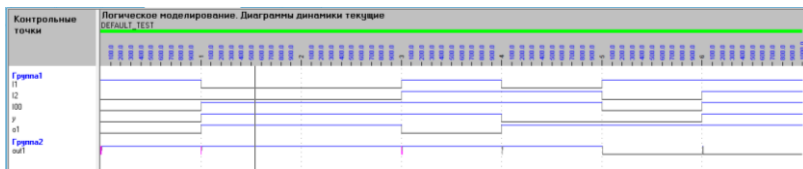


Рисунок 4 – Часові діаграми роботи пристрою.

Нижче приводиться програма на мові Verilog, отримана в проєкті. Вона описує топологію схеми з рисунку 3.

```

// Схема: COUNT
// Описание сформировано автоматически в САПР 'Ковчег'
// Дата: 18.04.2019 Время: 00:24:56
module COUNT (I00, I1, I2, o1, out1, y);
    input I00;
    input I1;
    input I2;
    input o1;
    output out1;
    input y;
    wire n_0000, n_0001, n_0002, n_0003, n_0004, n_0005, n_0006;
    A2IO2 DD1 (.I0(n_0001), .I1(n_0002), .I2(n_0003), .O(n_0000));
    XNOR3 DD8 (.I0(n_0000), .I1(n_0005), .I2(n_0004), .O(n_0006));
    IA DD9 (.I(I00), .O(n_0001));
    IA DD10 (.I(I1), .O(n_0002));
    IA DD11 (.I(I2), .O(n_0003));

```

```

IA DD12 (.I(o1), .O(n_0005));
IA DD13 (.I(y), .O(n_0004));
OA DD14 (.I(n_0006), .O(out1));
endmodule
module XNOR3 (I0, I1, I2, O);
input I0;
input I1;
input I2;
output O;
wire n_0000;
XOR2 D1 (.I0(I0), .I1(I1), .O(n_0000));
XNOR2 D2 (.I0(n_0000), .I1(I2), .O(O));
endmodule

```

При формуванні проекту пристрою на мові Verilog використовуються параметризовані бібліотеки опису елементів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://www.asic.ru/>
2. **Денисов, А.Н.** Библиотека функциональных ячеек для проектирования полужаказных микросхем серий 5503 и 5507 [Текст] / А.Н. Денисов, Ю.П. Фомин, В.В. Коняхин, Р.А. Федоров / Под общ. ред. А.Н. Саурова - Москва: Техносфера, 2012. – 304 с.

УДК 621.396.67

Нагорна Н.М.<sup>1</sup>, Чирва С.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>старш. викл. ЗНТУ

<sup>2</sup>студент гр. РТ-314м ЗНТУ

## АНАЛІЗ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛІВ МІМО-СИСТЕМ

Підвищення якості роботи бездротових систем зв'язку відбувається при збільшенні швидкості передачі даних і зменшенні ймовірності появи помилок при декодуванні сигналів. Підвищити якість можна за рахунок збільшення смуги пропускання каналів і збільшення потужності переданих сигналів. Однак такий напрямок нашо́вхується на обмеження частотних діапазонів стандартів і обмеження потужності з метою захисту людини і навколишнього середовища. Тому сучасні системи зв'язку розвиваються в напрямку формування паралельних даних по каналах методами просторової і просторово-часової обробки сигналів. При цьому використовується

багатоантенне передавання і приймання даних в МІМО-системах (Multiple-Input Multiple-Output).

У МІМО-каналах сигнали піддаються змінам двох типів:

1) при передаванні вузькосмугового сигналу по широкосмуговому каналу амплітуда сигналу при прийомі залежить від усіх копій, які надходять до приймача; в результаті виникають глибокі завмирання при зміні параметрів каналу (плоский канал), проте міжсимвольні спотворення не виникають;

2) при поширенні широкосмугового сигналу в вузькосмуговому каналі амплітуда сигналу також дорівнює сумі копій і слабо змінюється при змінах параметрів каналу. У прийнятих сигналах присутні міжсимвольні спотворення (частотно-селективний канал).

3 метою визначення потенційних можливостей каналів доцільно розглянути пропускані здатності каналів в залежності від відношення сигнал/шум.

В даному дослідженні розглядалася модель МІМО-системи з М передавальними і N приймальними антенами. Модель сигналів на вході приймача:

$$y = Hx + n,$$

де  $y$  - вектор сигналів розміру  $[N \times 1]$  на виходах каналу, що надходять на входи просторово-часового декодера-приймача;  $H$  - комплексна матриця каналу розміру  $[N \times M]$ ;  $x$  - вектор комплексних входних інформаційних символів розміру  $[N \times 1]$ , які формуються на виходах просторово-часового кодера-передавача;  $n$  - шумовий комплексний гаусівський випадковий вектор розміру  $[N \times 1]$  з нульовим середнім і кореляційною матрицею  $\sigma_n^2 \mathbf{I}$ , де  $\mathbf{I}$  - одинична матриця розміру  $[N \times M]$ ;  $\sigma_n^2$  - сумарна дисперсія дійсної і уявної частин шуму в одній приймальній антені.

Кожний елемент  $h_{ij}$  матриці  $H$  каналу зв'язку МІМО є комплексним коефіцієнтом передачі від  $j$ -тої передавальної антени до  $i$ -тої приймальної антени. Повна потужність, яку випромінює передавач всіма передавальними антенами, дорівнює  $P = M \sigma_s^2$ , де  $\sigma_s^2$  - дисперсія випромінюваного сигналу однією антеною.

Пропусканна здатність каналу за Шенноном визначається найбільшою швидкістю передачі інформації по каналу при всіх можливих реалізаціях матриці  $H$ . Однак в каналах з завмираннями для будь-якої як завгодно малої швидкості передачі існує ненульова ймовірність того, що система не зможе

підтримати зазначену швидкість, тобто пропускна здатність каналу із завмираннями за Шенноном буде нульовою. Тому для оцінки каналу із завмираннями використовується ергодична (усереднена) пропускна здатність.

Питома пропускна здатність MIMO-системи:

$$C = \log_2 \det \left( \mathbf{I} + \frac{\rho}{M} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \right),$$

де  $\mathbf{I}$  - одинична матриця розміру  $[N \times N]$ ;  $\det$  - визначник матриці;  $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$  транспонована і комплексно-сполучена матриця  $\mathbf{H}$ ;  $\rho = P / \sigma_n^2$  - відношення сигнал/шум.

Згідно з теоремою розкладання за сингулярними числами будь-яку матрицю  $\mathbf{H}$  можна уявити, як

$$\mathbf{H} = \mathbf{U} \mathbf{V} \mathbf{D}^H,$$

де  $\mathbf{U}$  та  $\mathbf{V}$  - унітарні матриці розміру  $[N \times N]$  та  $[M \times M]$  відповідно з наступними властивостями:  $\mathbf{U} \mathbf{U}^H = \mathbf{I}$  розміром  $[N \times N]$  та  $\mathbf{V} \mathbf{V}^H = \mathbf{I}$  розміром  $[M \times M]$ ;  $\mathbf{D}$  - невід'ємна діагональна матриця, елементи якої є квадратними коріннями власних значень від  $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ .

Виконавши сингулярне розкладання, можна отримати вектор власних значень  $\lambda$  матриці  $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$  та розрахувати пропускну здатність каналу за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^r \log_2 \left( 1 + \frac{\rho}{M} \lambda_i \right), \quad (1)$$

де  $r$  - ранг матриці  $\mathbf{H}$  ( $r \leq \min(M, N)$ ), який визначається кількістю ненульових власних значень матриці  $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ .

З формули (1) видно, що канал MIMO можна уявити сукупністю  $r$  незв'язаних паралельних каналів з однією передавальною і однією приймальною антенами з коефіцієнтом передачі  $\lambda_i$ .

Завмирання в каналах, що виникають в результаті інтерференції досить великого числа розсіяних сигналів і призводять до сильного ослаблення прямого сигналу, є найбільш глибокими, тому виникають значні помилки при передаванні інформації. Визначити вплив зазначених завмирань на надійність зв'язку дозволяє модель релєвського каналу.

У каналі Релея густина розподілу ймовірностей амплітуди сигналу залежить від параметра  $\sigma$  (при  $A > 0$ ):

$$p(A) = \frac{A}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{A^2}{2\sigma^2}\right).$$

На рис. 1 показаний релеєвський розподіл амплітуди сигналу при  $\sigma = \sqrt{2}$ . Максимальному значенню розподілу відповідає амплітуда  $A = \sigma = \sqrt{2}$ .

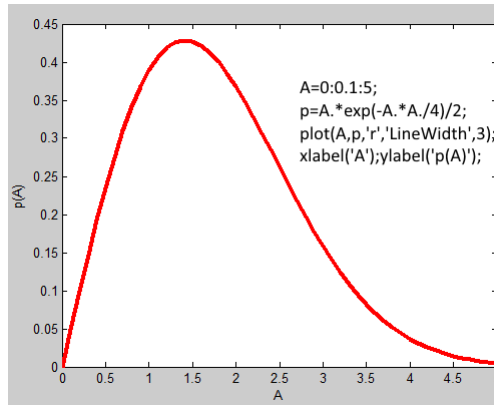


Рисунок 1 – Густина розподілу ймовірностей амплітуди сигналу і програма в Матлаб

Тому нормований комплексний елемент матриці **H** у системі Матлаб визначається за допомогою оператора (randn – генератор випадкових чисел за нормальним законом):

$$h = (\text{randn}(M,N) + j * \text{randn}(M,N)) / \text{sqrt}(2);$$

Розподіл повної потужності, що передається, по паралельних каналах залежить від наявності або відсутності петлі зворотного зв'язку. У MIMO-системах без зворотного зв'язку повна потужність по паралельних каналах розподіляється порівну, тому що передавач не має інформації щодо параметрів каналу. Але приймачу відомі оцінки каналу (канальна матриця **H**), тому він має змогу коригувати каналні спотворення. У MIMO-системах зі зворотним зв'язком передавач отримує інформацію щодо каналу від приймача і адаптивно розподіляє повну потужність між паралельними каналами.

Питома пропускна здатність некорельованого каналу Релея без зворотного зв'язку, усереднена за статистичним ансамблем реалізацій матриці **H**, в залежності від кількості антен при незмінному відношенні сигнал/шум  $\rho = 10$  дБ показана на рис.2.

З аналізу приведеної на рис.2 поверхні можна зробити висновки:



- 1) найбільше значення питомої пропускної здатності спостерігається при однаковій кількості антен, що передають ( $M$ ) і приймають ( $N$ );
- 2) при  $M < N$  питома пропускна здатність вища, ніж при  $M > N$ .

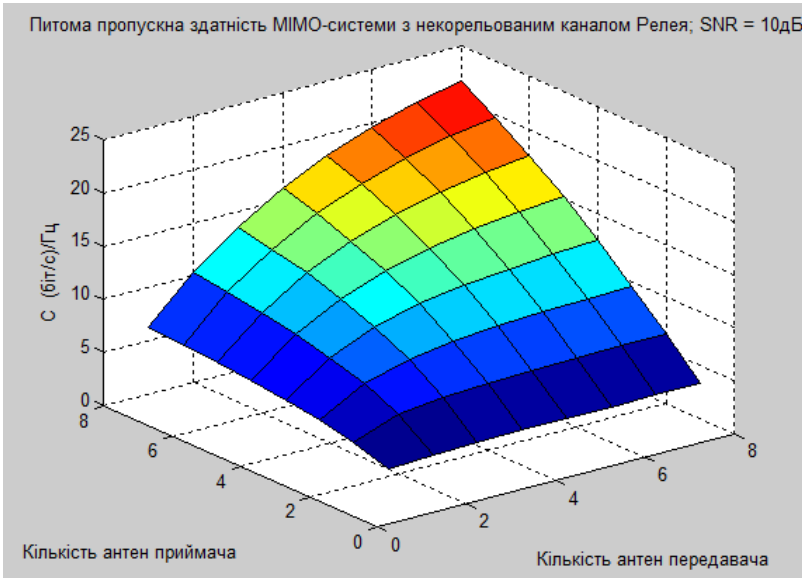


Рисунок 2 - Питома пропускна здатність некорельованого каналу Релея без зворотного зв'язку в залежності від кількості антен при відношенні сигнал/шум  $\rho=10$  дБ.

Також розраховані питомі пропускні здатності каналу в залежності від відношення сигнал/шум при  $M=N$ , усереднені за статистичними ансамблями 10000 реалізацій матриці  $\mathbf{H}$  (рис. 3). Канал Релея некорельований, без зворотного зв'язку.

Аналіз результатів моделювання питомої пропускної здатності від відношення сигнал/шум (SNR):

- системи MIMO дозволяють отримати питому пропускну здатність каналів зв'язку вищу за межу Шеннона;
- при збільшенні кількості передавачів і приймачів пропускна здатність каналів суттєво збільшується;
- прирощення питомої пропускної здатності при збільшенні  $N$  та  $M$  на одиницю збільшується зі зростанням SNR;

- при фіксованому значенні відношення сигнал/шум, що дорівнює 20 дБ, питома пропускна здатність систем з кількістю передавачів і приймачів  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  та  $4 \times 4$  приблизно змінюється у відношенні: 12:16,5:23 (біт/с)/Гц.

Просторова кореляція між радіохвилями, яка є функцією від кутового спектра потужності, діаграми спрямованості і рознесення антен, знижує пропускну здатність каналу.

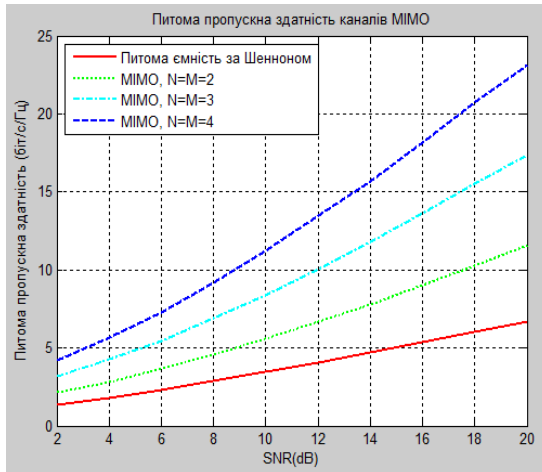


Рисунок 3 - Питомі пропускні здатності каналів MIMO в залежності від відношення сигнал/шум при рівній кількості антен.

Кореляційні властивості MIMO каналу відображає аналітична модель Кронекера [2]

$$\mathbf{H}_{\text{кор}} = \mathbf{R}_{\text{пр}}^{1/2} \mathbf{H} \mathbf{R}_{\text{пер}}^{1/2},$$

де  $\mathbf{R}_{\text{пр}}$ ,  $\mathbf{R}_{\text{пер}}$  – кореляційні матриці між приймальними та передавальними антенами відповідно; верхній індекс відповідає обчисленню квадратного кореня.

Кореляційна матриця каналу

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_{\text{пер}} \otimes \mathbf{R}_{\text{пр}},$$

де  $\otimes$  – добуток Кронекера.

На рисунку 4 відображені залежності питомих пропускних здатностей каналів MIMO від відношення сигнал/шум при рівній кількості антен з урахуванням кореляції між антенами та без урахування.

Аналіз результатів розрахунків (рис. 4): в каналах, де присутня просторова кореляція, пропускна здатність зменшується. При фіксованому значенні відношення сигнал/шум, що дорівнює 20 дБ, питома пропускна здатність систем з кількістю передавачів і приймачів  $3 \times 3$  та  $4 \times 4$  змінюється у відношенні: 2,5:4,4 (біт/с)/Гц, тобто, чим більша кількість передавачів і приймачів, тим більша різниця в результатах моделювання каналів без кореляції та каналів з кореляцією.

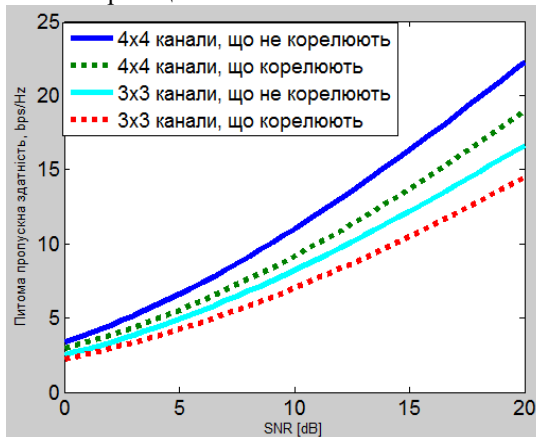


Рисунок 4 - Питомі пропускну здатності каналів MIMO в залежності від відношення сигнал/шум при рівній кількості антен з урахуванням кореляції між антенами та без урахування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ермолаев, В.Т. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи: Монография [Текст] / В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2011. – 368 с.
2. Балута, М.Ю. Анализ коэффициентов пространственной корреляции в зависимости от условий работы MIMO канала [Текст] / М.Ю. Балута, П.В. Иващенко // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2013. – № 1. – С.124-129.

## СЕКЦІЯ «МЕТРОЛОГІЯ»

УДК 53.086, 538.9

Погосов В.В.<sup>1</sup>, Коротун А.В.<sup>2</sup>, Курбацький В.П.<sup>2</sup>

1 проф. ЗНТУ

2 доц. ЗНТУ

### ПРО ВИМІРЮВАННЯ РОБОТИ ВИХОДУ ЕЛЕКТРОНІВ МЕТАЛУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоелекту, яке виражає закон збереження енергії при фотоелекті, має вигляд:

$$h\nu = W + K_{\max}, \quad (1)$$

де  $K_{\max} = m v_{\max}^2 / 2$  – максимальна кінетична енергія фотоелектрона з масою  $m$ . З рівняння Ейнштейна безпосередньо впливає другий закон фотоелекту:

$$K_{\max} = h\nu - W. \quad (2)$$

Швидкість  $v_{\max}$  залежить лише від частоти світла і роботи виходу електрона з фотокатода. Максимальна початкова кінетична енергія фотоелектронів залежить від частоти світла по лінійному закону. Вона перетворюється на нуль при частоті

$$\nu^* = W/h, \quad (3)$$

яка відповідає червоній границі зовнішнього фотоелекту і залежить тільки від роботи виходу електрона  $W$  з металу.

Як і в експериментах Міллікена (1916), рівняння Ейнштейна досліджено Лукірьським та Прилежаєвим (1926 р.), які використали метод сферичного конденсатора. Анодом в їх дослідженнях був скляний балон, вкритий Ag (рис. 1). У центрі балона розташовувався катод у вигляді кулі [1].

Якщо між катодом і анодом створити затримуюче електричне поле, то можна записати рівняння:

$$K_{\max} = eU_0, \quad (4)$$

де  $U_0$  – електрична напруга між катодом і анодом,  $(-e)$  – заряд електрона.

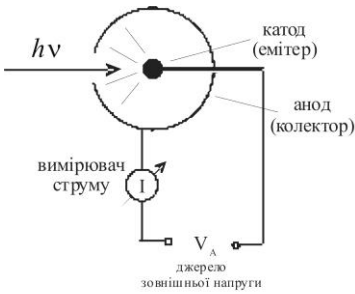
Введемо величину

$$U_{\text{кон}} = W_{\text{К}} - W_{\text{А}} \quad (5)$$

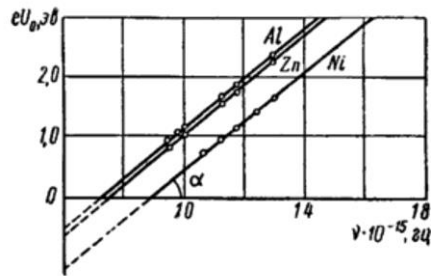
– контактну різницю потенціалів між катодом (К) і анодом (А) (рис. 1). Підставимо (4) в рівняння фотоэффекту (1) і представимо цей вираз, з урахуванням (5), у вигляді функції  $U_0 = f(\nu)$  :

$$U_0 = h\nu/e - U_{\text{кон}}/e. \quad (6)$$

При цьому червона межа фотоэффекту  $\nu^* = U_{\text{кон}}/h$ . Отже, якщо катод та анод зроблено з одного і того ж металу, то  $\nu^* = 0$ .



а



б

а – схема приладу для вивчення зовнішнього фотоэффекту; б – експериментальні залежності  $U_0(\nu)$  для алюмінію Al, цинку Zn та нікелю Ni

Рисунок 1 – Схема та результати роботи [1]

Точки перетину прямих із віссю абсцис визначають значення граничної частоти  $\nu^*$ , або червоної межі фотоэффекту для цих металів (вимірювання можуть здійснюватися лише при  $\nu \geq \nu^*$ ). Екстраполяція експериментальних прямих на область  $0 < \nu < \nu^*$  на осі ординат дає відрізки, які чисельно дорівнюють  $U_0 = U_{\text{кон}} = W_{\text{К}} - W_{\text{А}} > 0$  (рис. 1, б). Внаслідок того, що роботи виходу Ag, Al, Zn та Ni близькі одна до одної, значення  $U_0(0)$  на оригінальному рис. 1, б невеликі за величиною. Наприклад  $W = 4,25$  eВ для Al.

Відзначимо, що за такої схеми вимірювання можна знайти лише  $U_{\text{кон}}$ , а не окремо  $W_{\text{К}}$  або  $W_{\text{А}}$ . Крім того, якщо поміняти метали катоду і аноду місцями, то знак контактної різниці потенціалів змінюється на протилежний.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. П.И. Лукирский. УФН, 9, 277–307 (1929).

УДК 006.91

Курбацький В.П.<sup>1</sup>, Погосов В.В.<sup>2</sup>, Коротун А.В.<sup>1</sup>, Пехотін Д.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>канд. фіз.-мат. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup>д-р фіз.-мат. наук, проф. ЗНТУ

<sup>3</sup>студ. гр. РТ-318сп ЗНТУ

### ДО ПИТАННЯ ПРО ГРАНИЧНУ РОЗДІЛЬНІСТЬ ЕЛЕКТРОННОГО МІКРОСКОПУ

У сучасному електронному мікроскопі головний обмежувач роздільної здатності приладу – викривлення зображення, які вносяться магнітними та електростатичними лінзами. Ці викривлення компенсуються застосуванням все більш складних систем електромагнітних полів. Таким шляхом дослідникам, які працюють над проектом TEAM (Transmission Electron Aberration-Corrected Microscope), вдалось досягнути роздільної здатності 0,5 Å. Але з'явилося повідомлення, що нова коректуюча система, на яку було витрачено великі кошти, не дала змоги покращити роздільність приладу і навіть погіршила її [1].

Причину з'ясували, коли знайшли, що такий же самий ефект погіршення роздільної здатності спостерігається, якщо замість цієї системи поставити звичайну металеву трубу, схожу на ту, в якій система вміщувалась. Таким чином, стало зрозуміло, що джерелом шуму, який призводить до розмивання зображення, є тепловий рух електронів у металевих стінках труби, що збурює своїми полями рух електронів у системі магнітних лінз.

Метою даної роботи є оцінка величини флуктуацій поля у районі магнітних лінз електронного мікроскопу, обумовлених тепловим шумом в корпусі пристрою, та погіршення роздільної здатності, яке виникає з цієї причини.

Приймаємо, що корпус уявляє собою циліндричну трубу середнього діаметру  $D$  і висоти  $h$ . Температура пристрою  $T$ . Розглядаємо корпус як послідовно з'єднані індуктивність  $L$  і опір  $R$ , замкнені на генератор флуктуацій струму. Розрахунок дає для середнього квадрату теплових флуктуацій струму величину:

$$\overline{\mathcal{I}^2} = kT / L, \quad (1)$$

де  $k$  – стала Больцмана.

Флуктуації струму спричиняють флуктуації магнітного поля всередині труби, середня величина яких дорівнює:

$$\delta B = L \sqrt{\delta I^2} / S = \sqrt{kTL} / S, \quad (2)$$

де  $S = \pi D^2 / 4$  – площа перетину труби. Користуючись для індуктивності труби формулою  $L = \mu_0 S / h$ , в результаті отримуємо:

$$\delta B = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{\mu_0 k T}{\pi h}}, \quad (3)$$

Для  $D = 20$  см,  $h = 1$  м,  $T = 300$  К маємо  $\delta B = 4 \cdot 10^{-13}$  Тл.

З наведених формул видно, що величина флуктуацій поля, а тому і їх вплив на роздільну здатність, не залежить від матеріалу, з якого виготовлено корпус, а залежить лише від геометрії корпусу. Ствердження автора роботи [1], що ефект погіршення роздільної здатності обумовлений великими розмірами нової системи, є неточним. Цей ефект слід пов'язувати з особливостями конструкції системи в цілому, тобто з формою корпусу, розміщенням лінз і т.п.

Точний розрахунок граничної роздільної здатності електронного мікроскопу  $\delta$ , обумовленої тепловими флуктуаціями в корпусі приладу, неможливий за відсутності відомостей про деталі конструкції системи лінз. У результаті проведеного аналізу була отримана наближена формула:

$$\delta \approx 2 f \delta B / \bar{B}, \quad (4)$$

де  $f$  – фокусна відстань системи,  $\bar{B}$  – середнє значення аксіальної компоненти магнітного поля. Для типових значень  $f = 10$  см,  $\bar{B} = 10^{-3}$  Тл маємо  $\delta \cong 0.1$  Å. Такий результат узгоджується з висновком автора роботи [1], що визначальним чинником для граничної роздільної здатності електронного мікроскопу є теплові флуктуації у системі лінз.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

**1. Reich E.S.** Imaging hits noise barrier: Physical limits mean that electron microscopy may be nearing highest possible resolution. *Nature* 499, 135–136 (11 July 2013).

УДК 006.91

Курбаський В.П.<sup>1</sup>, Погосов В.В.<sup>2</sup>, Коротун А.В.<sup>1</sup>, Малиш Р.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>канд. фіз.-мат. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup>д-р фіз.-мат. наук, проф. ЗНТУ

<sup>3</sup>студ. гр. РТ-318сп ЗНТУ

## РОЗРАХУНОК ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДІВ НАНОМЕТРОЛОГІЇ

Особливістю наномасштабних вимірювань є велика, іноді визначальна, роль фізичних флуктуацій [1]. Як результат, часто спостерігається низьке відношення сигналу до шуму, висока чутливість до наводок, вібрацій і дрейфів різного походження. Мета даної роботи – розгляд джерел шуму і розрахунок шумових характеристик трьох пристроїв, які широко використовуються у нанометрології, – просвічуючого електронного мікроскопа (ПЕМ), скануючого тунельного мікроскопа (СТМ) та СКВІДа (Superconducting Quantum Interference Device).

Розрізняють два види шуму – дробовий та тепловий, які мають принципово різну природу [2]. Флуктуації струму, пов'язані з випадковим характером емісії носіїв або їх проходження крізь потенціальний бар'єр, називають дробовим шумом. Флуктуації струму, обумовлені хаотичним тепловим рухом носіїв, називають тепловим шумом.

Розглянемо результати розрахунку дробового шуму у ПЕМ і СТМ. У ПЕМ його джерелом є флуктуації емісії електронів з катоду, у СТМ дробовий шум обумовлений випадковим характером долання електронами потенціального бар'єру між вістрям зонду і поверхнею зразка. В обох випадках він визначається величиною середнього струму  $\bar{I}$  і шириною смуги частот  $\Delta\nu$  приладу. Середній квадрат флуктуацій струму

$$\overline{\delta I^2} = 2e\bar{I}\Delta\nu, \quad (1)$$

де  $e$  – заряд електрона.

Люмінесцентний екран ПЕМ усереднює флуктуації струму за проміжок часу, який за порядком величини дорівнює тривалості післясвітіння люмінофору  $\tau$ , в результаті чого залишаються флуктуації з найнижчими частотами в інтервалі шириною

$$\Delta\nu \approx 1/\tau. \quad (2)$$

Для типових значень  $\bar{I} = 1$  нА,  $\tau = 1$  с середня амплітуда дробового шуму  $\sqrt{\overline{\delta I^2}} \cong 10^{-14}$  А. Ширину смуги частот СТМ можна оцінити за тою ж



самою формулою (2), тільки під  $\tau$  слід розуміти сталу часу паралельного  $RC$  - ланцюжка, який моделює вхід вимірювального пристрою, так що  $\tau = RC$ . Приймаючи  $\bar{I} \cong 10$  нА,  $C \cong 1$  мкФ,  $R \cong 1$  Ом, отримуємо для середньої амплітуди дробового шуму значення  $\sqrt{\delta I^2} \cong 10^{-11}$  А.

Перейдемо до результатів розрахунку теплового шуму у СТМ. Як і у попередньому випадку, вхід вимірювального пристрою, приєднаного до СТМ, моделюється  $R_i C_i$  - ланцюжком. Для обчислень теплового шуму у навантаженні  $R_i$  використано схему, в якій генератор флуктуацій струму приєднаний до кола, що складається з послідовно з'єднаних опору  $R_i$  і паралельного  $RC_i$  - ланцюжка ( $R$  – опір зонду). Для середньої амплітуди теплового шуму отримано вираз:

$$\sqrt{\delta I^2} = \sqrt{\frac{kT}{RR_i C_i}}, \quad (3)$$

де  $T$  – температура пристрою,  $k$  – стала Больцмана. Для оцінки підставляємо у формулу (3) чисельні значення  $C_i = 1$  мкФ,  $R_i = 1$  Ом,

$R = 10$  МОм. В результаті маємо  $\sqrt{\delta I^2} = 2 \cdot 10^{-11}$  А.

СКВІД уявляє собою надпровідне кільце, в яке включено два джозефсонівські контакти. Гранична чутливість СКВІДа визначається величиною магнітного потоку  $\delta\Phi_{\min}$  через кільце, що викликає на виході вимірювальної схеми сигнал, рівний середньоквадратичній величині (середній амплітуді) шуму. Найбільший внесок дають теплові флуктуації в області контактів і в резонансному контурі вимірювальної схеми.

Розрахунок показав, що

$$\delta\Phi_{\min} = L\sqrt{4kT\Delta\nu/R}, \quad (4)$$

де  $L$  – індуктивність кільця СКВІДа,  $R$  – опір контактів,  $\Delta\nu$  – смуга частот. Для оцінки граничної чутливості СКВІДа були використані типові значення  $L = 10^{-10}$  Гн,  $R = 5$  Ом,  $T = 4$  К. В результаті було отримано  $\delta\Phi_{\min}/\delta\nu^{1/2} = 7 \cdot 10^{-22}$  Вб/Гц<sup>-1/2</sup>. Ця величина на кілька порядків менша за досягнуту у реальних пристроях, оскільки існує низка інших механізмів, які дають внесок у власний шум пристрою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Коротун, А. В.** Вступ до нанометрології [Текст] / А. В. Коротун, В. М. Коржик, В. М. Рубіш та ін.; за ред. Ю. А. Куницького. – Київ: ІПРІ НАНУ, 2017. – 306 с.

2. **Букингем, М.** Шумы в электронных приборах и системах [Текст] / М. Букингем. – М.: Мир, 1986. – 399 с.

УДК 006.02

Бистров Я.В.<sup>1</sup>, Степаненко С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магістр РТ-414м, ЗНТУ

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц., ЗНТУ

## МІСЦЕ І РОЛЬ ВІДДІЛУ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ В СИСТЕМІ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ

Формально національний стандарт ДСТУ ISO 9001: 2015 «Системи управління якістю. Вимоги», прийнятий на базі міжнародного стандарту ISO 9001: 2015, містить однозначну відповідь на питання про місце відділу технічного контролю (далі – ВТК) в системі менеджменту якості (далі – СМЯ). Це наведено в пункті 8.4 ДСТУ ISO 9001: 2015 [1].

В ДСТУ ISO 9004:2012 "Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю" вказується, що вимоги висуваються "зацікавленими сторонами" [2]. До них відносяться: споживачі, постачальники, держава, власники і персонал. Узагальнені характеристики основних вимог, що пред'являються зацікавленими сторонами до СМЯ підприємства, наведені в таблиці 1.

Головною дієвою особою в системі менеджменту є персонал, оскільки менеджмент – це управління людьми. Саме працівники підприємства забезпечують досягнення цілей (виконання вимог зацікавлених сторін), самі, при цьому, будучи зацікавленою стороною. Розробка правильної політики і цілей підприємства в області якості і, потім, цілей окремих процесів, які узгоджуються з цілями підприємства, є однією з найважливіших і досить складних задач розробки і впровадження СМЯ.

Основою політики в області якості будь-якого підприємства є виконання вимог споживача і прагнення підвищити його задоволеність. Основною метою в області якості будь-якого підприємства, відповідно, є випуск необхідної споживачеві продукції. Продукція є результатом процесу. Основна відмінна риса процесу – перетворення "входу" на "вихід" (стосовно до виробничих процесів – перетворення сировини у продукцію).

Завдання ВТК полягає в підтвердженні відповідності продукції встановленим вимогам. У багатьох випадках ВТК виконує функцію контролю наданої ззовні сировини і матеріалів, як би повторюючи роботу ВТК постачальника, а також контролю правильності виконання виробничих операцій, забезпечуючи виконання вимог ДСТУ ISO 9001: 2015 до моніторингу та вимірювання процесів.

Таблиця 1 – Основні види вимог до підприємства

Зацікавлена сторона	Основні види вимог, до підприємства і його продукції	Примітка
<i>Споживачі</i>	Наявність в продукції (послугі) певних корисних властивостей	З'ясування цих вимог, в більшості випадків, вимагає застосування спеціальних методів.
<i>Постачальники</i>	Відповідність сировини та матеріалів можливостям постачальника	Постачальник ці "вимоги", часто не висловлює, а просто випускає те, що може.
<i>Держава</i>	Безпека продукції	Ряд правових документів містить і окремі вимоги до якості.
<i>Власники</i>	Економічність роботи підприємства	Ці вимоги власників, якщо ставитися до них конструктивно, повністю відповідають і інтересам підприємства.
<i>Персонал</i>	Гідна заробітна плата та приємні умови праці.	Сприйняття працівниками ступеня виконання цих вимог впливає на їх задоволеність і, як результат, на їх зацікавленість в успіхах підприємства.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ ISO 9001: 2015 «Системи управління якістю. Вимоги» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=64013](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=64013)

2. ДСТУ ISO 9004: 2012 "Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=53225](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=53225)

УДК 378.14.015.62

Нестеренко Ю.А.<sup>1</sup>, Сніжної Г.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магістр РТ-414м, ЗНТУ

<sup>2</sup>канд.фіз. – мат. наук, ЗНТУ

## **СИСТЕМИ ЯКОСТІ ОСВІТИ ЄВРОПИ ТА США. ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЯКОСТІ ОСВІТИ УКРАЇНИ**

Проблема оцінки якості освіти існувала завжди в Україні, але лише в останні роки почали піднімати питання та шукати комплексний підхід до її розв'язання, так як багато випускників вищих навчальних закладів працюють не за спеціальностями.

У вітчизняній літературі найбільш часто використовуваним є таке визначення якості освіти: «якість вищої освіти» розуміється як збалансована відповідність вищої освіти (як результату, процесу) різноманітним потребам, цілям, вимогам, нормам, стандартам [1].

Забезпечення порівняної якості освіти, за допомогою введення взаємовизнаних систем якостей освіти, є одна з умов зближення європейських країн у формуванні єдиного європейського освітнього простору. Системи якості освіти, що існують в світі, можна умовно поділити на дві моделі.

Перша модель системи якості вищої освіти – «французька», що заснована на зовнішній оцінці вузу з точки зору її відповідальності перед суспільством і державою, за допомогою атестації, акредитації, інспекції. Така модель використовується в Скандинавських країнах, Чехії, Латвії, Естонії, а також Україні і Росії.

Друга модель – «англійська», в основі якої лежить внутрішня самооцінка вузівського академічного суспільства [2]. Вона функціонує в Великобританії, Німеччині, США, країнах Латинської Америки.

В США контроль за якістю освіти представляє собою вдале поєднання ідей «англійської» і «французької» моделей. Система самооцінки університетів США найбільш розвинена. Це пов'язано з тим, на відміну від країн, де освіту регулюють державні органи, американська освіта контролюється переважно самими навчальними закладами.

Оскільки за списком найкращих університетів світу, на перших місцях стоять університети США та Великобританії, можна використовувати таку ж модель контролю якості освіти. В цих країнах використовують стандарт і настанову для забезпечення якості вищої освіти в Європейському просторі вищої освіти (ESG) [3].

Для здійснення та поліпшення якості вищої освіти України, треба розробити сайт, в якому буде знаходитись база даних вищих навчальних закладів міста, студентів, випускників університету за останні 5 років, їх успішність, теперішнє працевлаштування.

Структурна схема бази даних та цілі її створення для кожного з шукачів зображена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Структурна схема бази даних

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ ISO 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200015260>

2. Похолков Ю.П. Обеспечение и оценка качества высшего образования [Текст] / Ю.П. Похолков // Высшее образование в России. – 2004. - №2. – С. 12-25.

3. Стандарты и руководства для обеспечения качества в Европейском пространстве высшего образования (ESG). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://iqa.kz/images/news/Стандарты\\_и\\_руководства\\_ESG\\_2015\\_период\\_IQAA.pdf](https://iqa.kz/images/news/Стандарты_и_руководства_ESG_2015_период_IQAA.pdf)

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

Найкращий метод для забезпечення успіху – якість продукції.

Підвищення якості продукції має велике значення для підприємства, виробника, покупця та економіки в цілому. Якщо підприємство має змогу підвищити свій рівень якості, то в свою чергу йому це повертається більшою реалізацією та рентабельністю капіталу, зростанню досягнення фірми в цілому. Поліпшення якості продукції на підприємстві являє собою ефективність виробництва, використання найкращих сировинних ресурсів, безпечність продукції для життя людини, покращення надійності та довговічності продукту, осучаснення.

Забезпечення якості в даний час являється обов'язковою умовою будь-якого виробництва. Саме тому система забезпечення якості бере на себе більшу частину впливу на виріб, ніж це враховується при контролі якості. Для забезпечення єдиних вимог до якості в міжнародній торгівлі, системі управління якістю сертифікуються, для них розробляються спеціальні стандарти. Їх серія називається ISO.

Рекомендації та вимоги по міжнародних стандартів сімейства ISO 9000 направлені на задоволення інтересів споживача. Ця серія має затвердження: організація, забезпечення та поліпшення продукції за допомогою ряду процесів, які в свою чергу повинні піддаватися аналізу та постійному вдосконаленню.

Головною метою стандарту даної серії – стабільне функціонування документованої системи якості продукції підприємства - постачальника, встановлення відносин між компаніями у формі споживач – постачальник.

Цей стандарт включає в себе показники якості, такі як: надійності, економічні, естетичні, технологічні, екологічні, безпеки, ергономічності, стандартизації і уніфікації.

Кожен стандарт являє собою деяку модель керування якістю. Її принципом являється процесний підхід: діяльність будь-якої організації складається з процесів, які доповнюють один одного. Якщо правильно визначити ці процеси, встановити їх вірну послідовність та зв'язати з іншими процесами, слідкувати за конкурентністю кожного з них, керувати їх функціонуванням, то це забезпечить загальний результат.

## **СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ»**

УДК 004.9

Шило Г.М.<sup>1</sup>, Фурманова Н.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>зав. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup>доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

### **СТВОРЕННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У ВІРТУАЛЬНІЙ РЕАЛЬНОСТІ**

В останні роки відбувається стрімке впровадження в систему освіти віртуальної та доповненої реальності. Віртуальна реальність (VR-virtual reality - штучна реальність) - створений технічними засобами світ, який передається людині через його відчуття: зір, слух, нюх, дотик і інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на вплив. Використання віртуальної реальності відкриває багато можливостей в навчанні, які занадто складні, затратні за часом або за грошима при традиційних підходах.

Наочність. Використовуючи 3D-графіку, віртуальна реальність здатна не тільки дати відомості про саме явище, а й продемонструвати його з будь-якою ступеню деталізації.

Безпека. Управління надшвидким потягом, космічним шатлом, техніка безпеки при пожежі - можна занурити глядача в будь-який з цих обставин без найменших загроз для життя.

Залучення. Віртуальна реальність дозволяє змінювати сценарії, впливати на хід експерименту або вирішувати задачу в ігровій та доступній для розуміння формі.

Фокусування. Віртуальний світ, який оточує з усіх боків на всі 360 градусів, дозволить цілком зосередитися на матеріалі і не відволікатися на зовнішні подразники.

Віртуальні уроки. Вид від першої особи і відчуття своєї присутності в намальованому світі - одна з головних особливостей віртуальної реальності. В процесі навчання можливо використання віртуальної реальності в таких напрямках, як віртуальні уроки, віртуальні дослідження, навчальні ігри.

В результаті досліджень було виявлено, що в навчальних групах, де використовувалася віртуальна реальність, відсоток засвоєння інформації наближався до 90%, а рівень зацікавленості - до 95%, тоді як в групах з використанням класичних технологій показники були вдвічі та втричі менше відповідно.

Підприємства в умовах четвертої промислової революції активно потребують молодих спеціалістів, здатних керувати великогабаритними машинами, станками, роботизованими платформами та інше. Навчання

спеціалістів потребує значних коштів: наприклад, професійна підготовка одного зварника за однією з технологій зварювання коштує 20 тис. грн. Витрати на навчання можна зменшити, якщо для цього створити програму навчання у віртуальній реальності. Такий підхід до підготовки є дешевшим, адже вартість апаратної частини універсального стенду підготовки не перевищуватиме 100 тис. грн. За осінь 2018 року Державна служба України з питань праці зареєструвала близько 13 нещасних випадків на виробництві, пов'язаних зі спеціалістами, що мали менше п'яти років стажу, та відбулись під час роботи з великогабаритним або небезпечним обладнанням. Більша частина зазначеного травматизму відбулась під час електромонтажу, зварювання та керування баштовим краном. Навчання з використанням віртуальної реальності дозволить підготувати спеціалістів до критичних та аварійних ситуацій у безпечному та контрольованому середовищі, що може зменшити ризик нещасних випадків наведених вище.

Реалізація професійної підготовки з використанням віртуальної реальності не є унікальною послугою в світі. Західні країни вже біля двадцяти років займаються розробкою стендів симуляції для пілотів та інших спеціалістів. В Україні на даний момент наявні лише готові спеціалізовані стенди. Наприклад, міжнародні компанії продають в Україну стенди для підготовки зварників, проте вони не мають універсального характеру та розраховані лише на симуляцію зварювального процесу. Вартість таких стендів починається від 220 тис. грн.

Пропозиція навчання з використанням віртуальної реальності є відносно новою для ринку України, тому активна співпраця з сегментами споживчого ринку буде необхідна для створення попиту та готового продукту. Розташування, спеціалізація розробників програмного забезпечення та співпраця з замовником дозволить відтворювати виробничий процес та процес навчання у дрібних деталях.

Для створення стендів віртуальної реальності будуть використовуватися перевірені світові бренди та сучасні технології тривимірного друку, що надасть споживачеві впевненості у якості апаратної частини виробу, при цьому це дозволить зменшити ціну готового продукту, відносно закордонних аналогів.

Використання віртуальної реальності має зменшити ризик нещасних випадків на виробництві та загальну вартість підготовки нових кадрів за рахунок більш безпечного середовища навчання. Універсальність та модульність стенду віртуальної реальності дозволить його використання у кількох програмах навчання.

На кафедрі інформаційних технологій електронних засобів започатковано навчально-дослідний проект для впровадження технологій віртуальної реальності на виробництві та в навчальному процесі. Із студентів



та викладачів була створена проектна група, що надає послуги зі створення та обслуговування програмного забезпечення віртуальної реальності для навчання операторів габаритної та важкодоступної апаратури. Студенти під керівництвом викладачів розробляють стенди віртуальної реальності.

На даний момент проект знаходиться на стадії перевірки практичного застосування технології віртуальної реальності на прикладі використання у навчанні спеціалістів з керування автоматизованим зварювальним роботом. Команда розробників працює над проектом разом з спеціалістами компанії «Триада-сварка».

Мета створення аналогічного за принципом керування робота і відтворити сценарій навчання оператора у вигляді гри з використанням системи віртуальної реальності. Для цього було створено повнофункціональну тривимірну модель робота та розроблено систему керування ним в Unity 3D.

Для тестування системи віртуальної реальності використано комплект OculusRift, що містить шолом віртуальної реальності та сенсори, які відслідковують переміщення людини в просторі. Для взаємодії з об'єктами в віртуальному просторі застосовуються маніпулятори.

Прототип системи віртуальної реальності для робота-зварювальника було представлено у виставковому центрі «Козак Палац» на першому фестивалі бізнес-ідей «StartUpFest» у Запоріжжі. Проект SandBox («віртуальна пісочниця») отримав друге місце на цьому фестивалі та грошову премію на розвиток системи. Зараз у віртуальну систему додано лабораторні роботи для студентів спеціальності «Технологія та устаткування зварювання».

УДК 621.3

Фурманова Н.І.<sup>1</sup>, Поспеева І.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup>старш. викл. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

## **МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В ГАЛУЗІ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

Метод наукового дослідження - це спосіб пізнання об'єктивної дійсності, який представляє собою певну послідовність дій, прийомів, операцій. Зазвичай наукова діяльність не має однозначно характеризуємого і універсального наукового методу, насамперед тому, що це пов'язане з предметом дослідження.

Але є ряд методів, що широко використовуються у будь-якій галузі досліджень, і до них відносяться різноманітні математичні методи. Математика широко застосовується як у теоретичних, так і у експериментальних дослідженнях. У області теоретичних досліджень це, насамперед, найрізноманітніші математичні моделі, які є часткою аналітичних досліджень. З їх допомогою встановлюють математичну залежність між параметрами фізичної моделі. Ці методи дозволяють провести глибоке дослідження об'єкта і встановити кількісні точні зв'язки між аргументами і функціями.

Теорія математичного моделювання забезпечує виявлення закономірностей роботи систем і пристроїв шляхом їх математичного опису та моделювання без проведення натурних випробувань. При цьому використовуються положення і закони математики, що описують системи або пристрої на деякому рівні їх ідеалізації.

Таким чином, математична модель являє собою формалізований опис системи на деякій абстрактній мові, наприклад, у вигляді сукупності найрізноманітніших математичних співвідношень - лінійних, нелінійних, трансцендентних, диференційних тощо - або схеми алгоритму. Такий математичний опис забезпечує імітацію роботи систем або пристроїв на рівні, досить близькому до їх реальної поведінки, що отримується при натурних випробуваннях систем або пристроїв.

Але аналітичним моделям притаманні серйозні недоліки.

1 Для проведення достовірного експерименту потрібне встановлення крайових умов. Помилка в їх визначенні призводить до видозміни досліджуваного процесу.

2 Часто відшукати аналітичні вирази, що відображають досліджуваний процес, важко або взагалі неможливо.

3 При спрощенні математичної моделі (введенні допущень) спотворюється фізична сутність процесу.

Експериментальні методи досліджень дозволяють глибше і детальніше вивчити досліджуваний процес.

Планування та проведення експериментів, як і обробка їх результатів, також відбуваються за допомогою математичних методів, серед яких важливого значення набувають методи математичного програмування.

Це пов'язане, насамперед, з рішенням багатьох задач оптимізації, прикладами яких можуть служити: задача найкращого розподілення радіоелектронних засобів, задача оптимізації плану випуску продукції, задачі компоновки та трасування друкованих плат (які можна звести до моделі транспортної задачі). Методи математичного програмування використовуються при розрахунках розподілення електромагнітних полів на неоднорідностях у хвилеводах та лініях передач, аналізі багатопровідних

мікросмужкових ліній на шаруватих підкладках, рішенні задач оптимізації управління багатопозиційними лініями зв'язку, керуванні гальванічними процесами тощо.

Всі ці задачі спрямовані на пошук оптимального (максимального або мінімального) значення деякої цільової функції, що служить кількісним виразом якісного показника досліджуваного об'єкта, шляхом варіювання системи факторів, які впливають на неї.

Моделі математичного програмування можуть бути лінійними та нелінійними, опуклими, динамічними, стохастичними. Для їх вирішення використовуються різні методи: графічні, симплекс-метод та його різновиди у вигляді алгоритму Гоморі, транспортної задачі і т.ін., методи динамічного та стохастичного програмування, теорія ігор тощо. Володіння цими методами дозволяє ефективно спланувати експерименти та провести аналіз їх результатів. Крім того, для обробки та аналізу результатів експериментів широко застосовуються методи теорії ймовірності та математичної статистики, а також методи регресійного та кореляційного аналізу.

Так, після проведення експерименту необхідно провести аналіз випадкових похибок, який ґрунтується на теорії випадкових помилок. Він дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення вимірюваної величини і оцінити можливі помилки.

Загальні методи теорії ймовірності та математичної статистики дозволяють провести перевірку експериментальних вимірювань на точність, достовірність і відтворюваність результатів.

Дані, отримані у результаті експериментів, дозволяють пов'язати між собою у аналітичні залежності методи регресійного та кореляційного аналізу - парна або багатofакторна лінійна та нелінійна регресія, - а методи математичної статистики дають оцінку їх достовірності та адекватності.

Таким чином, знайомство з цими математичними методами дає можливість якісно й ефективно проводити дослідження та адекватно оцінювати їх результати.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Власенко Л.О. Методологія наукових досліджень: Навчальний посібник / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько. – Київ : Ліра-К, 2018. – 252 с.
2. Гончаренко Я.В. Математичне програмування. — К.: НПУ імені М.П.Драгоманова, 2010. — 184 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ОЦІНКИ РОЗМІРІВ ОБ'ЄКТІВ НА КОНВЕЄРІ**

При русі об'єктів на потоковому конвеєрі досить часто потрібно визначати розмір об'єктів з метою запобігання аварійних випадків або з метою сортування. При цьому часто неважливо з якою точністю виконуються виміри оскільки вони носять оціночний характер. Завдання оцінки габаритних розмірів вирішується різними шляхами:

- використанням рамок з масивом лазерних датчиків;
- застосуванням 2D лазерних триангуляційних датчиків;
- розпізнаванням об'єктів за допомогою звичайних камер;
- різні варіанти використання фотоелектричних датчиків інфрачервоного або інших типів.

Загальними вадами цих рішень є висока ціна (триангуляційні датчики), необхідність застосування складних алгоритмів (розпізнавання об'єктів) та необхідність монтажу рамочних детекторів в загальному випадку. Розвиток лазерних систем призвів до появи лазерних датчиків відстані, які можна віднести до бюджетних моделей, але які мають потенціал при використанні в задачах оцінки розмірів об'єктів.

У роботі пропонується застосування лазерного датчика вимірювання відстані VL53L1X з програмованим “розміром регіону що викликає інтерес” (ROI) у масиві приймача [1]. Хоча цей датчик позиціонується як вимірювач дальності до 4 метрів, але для завдань оцінки розмірів діапазон використання не перевищує 170 см для поверхонь що мають гарний коефіцієнт відбиття лазерного променя [1]. Згідно даних наведених у документації [2] максимальна зона охопту на відстані двох метрів складає 96 см як наведено на рис. 1.

Є можливість змінювати ROI у масиві приймача розміром 16x16 залишаючи активними області розміром 4x4 [3]. Таким чином на відстані 170 см діагональ масиву 16x16 складає 81,63 см, а розмір сторони масиву 57,72 см. Відповідно сторона зони активної області розміром 4x4 складає 14,43 см. Зміна координат активної області можлива між вимірами з використанням функції VL53L1\_StopMeasurement() [2]. Це дозволяє проводити оцінку розмірів об'єктів з розміром від 15 до 55 см. Виміри на відстані 170 см виконуються з бюджетом часу 33 мс. При цьому похибка вимірювання відстані складає 5 мм [1]. Але при використанні зони активної області розміром 4x4 похибка значно збільшується та дорівнює  $\pm 20$  мм [2]. Навіть

така похибка неважлива для завдання оцінки розмірів об'єкту на конвеєрі оскільки реєструється профіль об'єкту. Таким чином запропонований датчик дозволяє проводити приблизно 30 вимірів за 1 с. У режимі сканування потрібно провести 16 вимірів для сканування масиву 16х16 блоком 4х4 та програмно змінювати координати зони активної області, тому загальний час проведення сканування складає 0,6 с.

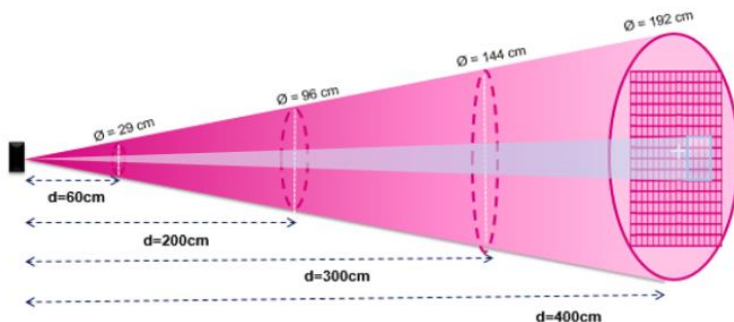


Рисунок 1 - Зона охопту сенсора.

При проведенні статичних вимірів точність оцінки розмірів може бути підвищена шляхом збільшення вимірів до 49 та часу сканування до 1,85 с (блок 4х4 переміщується на дві позиції за один вимір). Час сканування 0,6 с є значним для швидкого переміщення об'єктів, але не виключає можливості застосування розглянутого датчика в бюджетних системах оцінки розмірів об'єктів на базі мікроконтролерів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. VL53L1X. [Електронный ресурс] / // St.com. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l1x.pdf>. – Название с экрана. – Дата публикации: – Дата просмотра: 20.04.2019.

2. AN5191. [Електронный ресурс] / // St.com. – Режим доступа: [https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application\\_note/group0/53/ea/8b/72/2d/07/4f/21/DM00516219/files/DM00516219.pdf/jcr:content/translations/en.DM00516219.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application_note/group0/53/ea/8b/72/2d/07/4f/21/DM00516219/files/DM00516219.pdf/jcr:content/translations/en.DM00516219.pdf). – Название с экрана. – Дата публикации: – Дата просмотра: 20.04.2019.

3. UM2356 User manual. [Електронный ресурс] / // St.com. – Режим доступа: [https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user\\_manual/group0/98/0d/38/38/5d/84/49/1f/DM00474730/files/DM00474730.pdf/jcr:content/translations/en.DM00474730.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/group0/98/0d/38/38/5d/84/49/1f/DM00474730/files/DM00474730.pdf/jcr:content/translations/en.DM00474730.pdf). – Название с экрана. – Дата публикации: – Дата просмотра: 20.04.2019.

УДК 581.51

Малий О.Ю.<sup>1</sup>, Піроженко О.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Канд. техн. наук, доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> Асп. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПОКРИТТЯ ПЛОЩІ ПІДВОДНИМИ РОБОТАМИ З ЦЕНТРАЛІЗОВАНИМ УПРАВЛІННЯМ МЕТОДОМ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ**

Швидкий розвиток підводних технологій протягом останніх років дозволило зайняти автономним нежилим підводним апаратам (АНПА) значиму роль в дослідженні Світового океану і використанні його ресурсів. АНПА знаходять широке застосування при виконанні таких підводних робіт, як картографування морського дна, пошук та дезактивація мін, виявлення нафтогазових та інших родовищ, взяття проб. Підвищити ефективність виконання таких широкомасштабних робіт дозволяє застосування взаємозалежної групи автономних апаратів [1].

Переваги групового застосування роботів очевидні. Це і більший радіус дії, що досягається за рахунок розосередження роботів по всій робочій зоні; і розширений набір виконуваних функцій, що досягається за рахунок установки на кожен робот індивідуальних виконавчих пристроїв; і, нарешті, більш висока ймовірність виконання завдання, що досягається за рахунок можливості перерозподілу цілей між роботами групи в разі виходу з ладу деяких з них. Тому такі складні задачі спеціальної робототехніки, як масштабне дослідження та зондування поверхні інших планет, збір складних конструкцій у космосі та під водою, участь в бойових діях, рятувальних та операціях забезпечення, розмінування територій та т.п., можуть ефективно вирішуватись тільки при їх груповій взаємодії. При цьому виникають нові проблеми групового управління та комунікації, пов'язані з організацією групової взаємодії роботів [2].

Однією з найпоширеніших задач для автономних підводних роботів є задача обстеження території.

Для покращення та оптимізації виконання завдання покриття площі підводними роботами з централізованим управлінням пропонується метод диференціації загальної площі, який базується на розбитті загальної території обстеження на менші квадрати.

Для реалізації даного методу необхідно:

- 1) Задати координати території, що буде обстежуватись.
- 2) Якщо неможливо виконати умови пункту 1, то провести контурний обхід території з можливістю її обмеження.

3) Вирахувати кінцеві точки території (максимальну «довжину» та «ширину») та розбити її на менші квадратні ділянки, кількість яких має бути кратною кількості використовуваних роботів. Наприклад, за формулою  $n^3$ , де  $n$  – кількість використовуваних роботів.

4) Надіслати роботам координати для дослідження необхідних в першу чергу або найближчих квадратів. Окремий робот повинен досліджувати окрему ділянку.

5) Чекати закінчення дослідження роботами ділянок.

6) Вирахувати та виключити ділянки, які повністю розташовані на суші.

7) Повторювати крок 4 доки все квадрати не будуть дослідженні.

8) Поєднати все дослідженні квадрати згідно їх координат.

Перевагами даного методу є:

- можливість вручну обирати пріоритетність дослідження необхідних в першу чергу ділянок;

- можливість повторного дослідження конкретних квадратів через виведення зі строю деяких роботів;

- усереднення часу роботи між роботами, що знижує загальний час обстеження території;

- велике масштабування кількості роботів за рахунок можливості ділення квадратів на ще менші;

- мінімально необхідна комунікація, зводиться до ідентифікації робота та надсиланням координат наступного квадрата для обстеження;

- прогнозування необхідного часу для завершення дослідження всієї території або квадрату за допомогою розрахунку середнього часу дослідження окремих квадратів;

- можливість оцінювання необхідного заряду акумулятора окремого робота для дослідження квадрата за допомогою розрахунку найбільшого часу дослідження окремого квадрата та часу повернення на базу.

Таким чином, метод диференціації території для дослідження її групою підводних роботів з централізованою системою управління є простим та достатньо ефективним, а також позбавляє типових проблем з комунікацією.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кензин М.Ю., Бычков И.В., Максимкин Н.Н., Киселёв Л.В. Планирование динамических многоцелевых миссий для групп автономных необитаемых подводных аппаратов на основе гибридного эволюционного подхода // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. 2014. С. 3877.

2. Кияев И.А. Планирование коллективных действий при управлении группой роботов-лифтов // «Искусственный интеллект» -2001. - №3.

УДК 621.38 : 004.9

Куляба-Харитоновна Т.І.<sup>1</sup>, Сивоненко С.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. кафедри ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-514м ЗНТУ

## **СТВОРЕННЯ БІБЛІОТЕКИ КОМПОНЕНТІВ В ALTIUM DESIGNER У ВИГЛЯДІ БАЗИ ДАНИХ З ІНТЕГРАЦІЄЮ В СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ**

Програма Altium Designer дозволяє організувати бібліотеки як мінімум трьома різними способами.

Перший спосіб - бібліотеки проекту. В даному випадку умовні графічні позначення (символи) зберігаються в бібліотеках \*.SchLib, а посадочні місця (footprint) - в бібліотеці \*.PcbLib.

Другий спосіб - інтегровані бібліотеки. Для створення такої бібліотеки необхідний окремий проект, т.зв. проект бібліотеки \*.LibPkg.

Третій спосіб - бібліотека у вигляді бази даних. При такій організації основну частину бібліотеки являє БД, в якій містяться записи про компоненти, де для кожного запису вказано застосовуваний символ, посадочне місце і інші моделі, а також набір атрибутів.

Використання БД в якості основи бібліотеки Altium Designer дає користувачеві цілий ряд переваг. Головна з них полягає в тому, що в бібліотеках \*.SchLib тепер зберігаються саме символи, які можуть бути багаторазово використані в різних компонентах. Компонент створюється на стадії додавання запису в таблицю БД, де шляхом копіювання записів можна досить швидко збільшувати обсяг бази. Крім того, з'являється можливість інтегрувати БД в систему складського і бухгалтерського обліку, або в PDM-системами.

При створенні файлу \*.DBLib, який є інтерфейсом між Altium Designer і зовнішньої БД, пропонується використовувати в якості основи базу в форматі MS Access або MS Excel. Ці системи добре відомі більшості користувачів і зручні при освоєнні роботи з бібліотеками. Але обидві ці програми мають проблеми з одночасним доступом багатьох користувачів та деякі інші нюанси, які не дозволяють застосовувати їх в промислових масштабах. Тому на підприємствах для реалізації БД використовують більш потужні СУБД, а в Altium Designer при бажанні можна підключити практично будь-яку БД через драйвер ODBC, наприклад, MS SQL Server або навіть текстові файли у форматі CSV.

Скільки має бути таблиць в БД і які поля повинна мати кожна таблиця? Насправді ці питання багато в чому взаємопов'язані. Так, наприклад, відповідаючи на питання про те, скільки таблиць повинна містити база даних, необхідно визначити завдання поділу БД на таблиці. Можна створити одну таб-



лицію, «злити» в неї всі компоненти і, використовуючи запити, вибирати потрібні, але при такому підході істотно зростає трудомісткість роботи з базою через СУБД. Можна зробити одну таблицю і всім компонентам задати однаковий список атрибутів (якщо обмежитися мінімумом атрибутів), або розділити компоненти за сімействами з різними атрибутами і зберігати їх в різних таблицях. Наслідком розподілу бази на таблиці за типами компонентів буде розподіл символів, посадочних місць і моделей по різних бібліотекам, що досить зручно для роботи.

На практиці компоненти зазвичай ділять на таблиці за вказаними нижче способами.

За розділами розрізняють Resistors (резистори); Capacitors (конденсатори); Inductors (катушки індуктивності та трансформатори); Integrated circuits (мікросхеми); Semiconductors (напівпровідникові прилади); Connectors (роз'єми, з'єднувачі); Miscellaneous (прочее: реле, ключі і т.і.).

За виробником компоненти поділяються на вітчизняні та імпорتنі (за фірмою виробника).

Очевидно, такий розподіл не претендує на повноту і оригінальність, але є цілком робочим і використовується на більшості підприємств. При такому підході БД буде містити окремі таблиці для вітчизняних та імпорتنих резисторів (резистори всіх імпорتنих виробників в одній таблиці, тому що вони прив'язані до єдиних символів і посадочних місць). Вітчизняні мікросхеми зводяться в єдину таблицю, а імпорتنі діляться за таблицями, в залежності від виробника. Це пов'язано з тим, що у різних виробників по-різному іменуються посадочні місця в документації (рекомендується дотримуватися цих найменувань) і, до того ж, компоненти кожного виробника будуть більшою мірою містити унікальний набір символів. Приклад такої організації можна знайти в документі «Комплект бібліотек для Altium Designer».

У кожній з таблиць БД будуть міститися параметри компонента, які можна розділити на три групи: ідентифікатори, зарезервовані (системні) параметри і параметри загального призначення (призначені для користувача).

Ідентифікатор - це одне (простий ідентифікатор) або кілька полів (складний ідентифікатор), за якими Altium знаходить і ідентифікує компонент. Ідентифікатор компонента визначається у файлі DbLib.

Зарезервовані параметри - це параметри, при знаходженні яких Altium заповнює форму властивостей компонента, наприклад, символ, посадочне місце, модель, тип і т.д.

Перелік призначених для користувача параметрів визначається на кожному підприємстві індивідуально, але останнім часом практично всі приходять до однакового набору. Цей набір параметрів повинен забезпечити вирішення двох завдань: формування запиту на пошук компонента в базі

даних і оформлення текстової конструкторської документації (специфікації, переліку та ін.). Рекомендується брати за основу картку компонентів провідних світових постачальників, наприклад, DigiKey, у якого в БД зберігається найбільш докладний опис компонентів.

При правильному підході до організації бібліотек в рамках великих підприємств можна вирішити безліч нагальних проблем саме на стадії створення бази даних, якщо врахувати всі необхідні аспекти, які були розглянуті вище. Маршрут розробки бази бібліотек компонентів необхідно розглядати як самостійний процес і приділяти йому більше уваги, ніж процесу розробки схем або друкованих плат. У Altium Designer бібліотеки слід вести саме в форматі бази даних, роботу з якими підтримують і інші відомі САПР (OrCAD, Allegro, Expedition). При необхідності використання цих систем, зміни торкнуться лише символ і посадочне місце, які слід створити в форматі даної САПР, а сама БД залишиться незмінною.

Безумовно, кожен з пропонованих варіантів має переваги і недоліки. В рамках великих підприємств оптимальним рішенням є організація бібліотеки у вигляді бази даних (БД).

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Сабунин А.Е. Altium Disigner. Новые решения в проектировании элек-тронных устройств. СолонПресс, 2009.
2. Сабунин А.Е. Altium Designer Summer 08 – разработка библиотек и моделей компонентов. Современная электроника. 2008, №6.
3. Пранович В. Altium Designer 7. Создание библиотеки на основе базы данных. Технологии в электронной промышленности. 2008, №5.
4. <http://www.altium.com/Altiumdisigner6/LearningGuides/AP013>. Using Components Directly from Your Company Database.pdf/
5. <http://www.rodnik.ru/AltiumLibrary>.

УДК 004.352

Фурманова Н.І.<sup>1</sup>, Кроленко С.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-514м ЗНТУ

## **МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ 3D СКАНУВАННЯ**

3D-сканер – пристрій, який аналізує об'єкт або середовище реального світу для збору даних щодо його форми і, якщо можливо, кольору. Зібрані дані потім використовуються для побудови цифрових тривимірних моделей.

Для створення пристроїв 3D-сканування може бути використано багато різноманітних способів.

3D-сканери діляться на два типи за методом сканування:

**Контактний.** Пристрій зондує предмет за допомогою фізичного контакту, поки об'єкт знаходиться на прецизійній плиті для перевірки. Контактний 3D-сканер відрізняється надточною роботою. Однак, при скануванні можна пошкодити або змінити форму об'єкта.

**Безконтактний.** Застосовується випромінювання або особливе світло (ультразвук, рентгенівські промені). В даному випадку предмет сканується через відображення світлового потоку.

Приклад контактного та безконтактного методу сканування наведено на рис 1.



а - контактний метод сканування; б- безконтактний метод сканування.

Рисунок 1 – Контактний та безконтактний метод сканування.

Розглянемо детальніше безконтактний метод сканування. Розрізняють декілька технологій безконтактного тривимірного сканування.

**Лазерна:** функціонування пристроїв ґрунтується на принципі роботи лазерних далекомірів. Лазерні 3D-сканери характеризуються точністю одержуваної тривимірної моделі. Проте їх застосування складне в умовах рухливості об'єкта. Це більше 3D-сканер для приміщення. Сканування людини 3D-сканером лазерного типу практично неможливо.

**Оптична:** в даному випадку застосовується спеціальний лазер другого класу безпеки. Оптичний 3D-сканер відрізняється великою швидкістю сканування. Його використання виключає будь-яке спотворення, навіть якщо об'єкт буде рухатися. Також немає необхідності в нанесенні відображуючих міток. Проте такі пристрої не підходять для дослідження дзеркальних,

прозорих або блискучих виробів. Зате це відмінний варіант 3D-сканера людини.

Тривимірні сканери необхідні для вирішення завдань в багатьох областях, а саме: в промисловості, науці, кіноіндустрії, медицині, мистецтві та ін.

Вони незамінні в тих випадках, коли необхідно зафіксувати форму об'єкта з високою точністю і за короткий проміжок часу. 3D-сканери дозволяють спростити та вдосконалити ручну працю, виконати завдання підвищеної складності.

У медицині за допомогою 3D-сканерів можна спостерігати за процесом лікування пацієнтів, планувати передопераційні маніпуляції та створювати анатомічне взуття.

Дизайнери використовують тривимірні сканери для отримання форми об'єкта, і можливості її доопрацювання згодом.

В археології та музейній справі за допомогою подібного пристрою можна точно відновлювати і піддавати реконструкції фізично застарілі скульптури, пам'ятники та постаменти. Тривимірний сканер незамінний при створенні колон, бетонних декорацій і архітектурних споруд на замовлення. В індустрії розваг 3D-сканер знаходить застосування в розробці ігрових персонажів з моделі автора. Кіноіндустрія також активно використовує тривимірний пристрій для сканування людей, отримуючи кольорову модель людини.

Розробка конструкції 3D-сканера, що надасть можливість сканувати об'єкти різної форми, текстури поверхні при збереженні невисокої вартості розробленого пристрою є актуальною задачею. На нашу думку, найкраще задовольняє поставленим вимогам пристрій побудований на основі застосування безконтактного методу. Цей вибір є економічно доцільним, має високі показники точності при скануванні. Система управління для запропонованої нами конструкції 3D-сканера базується на застосуванні мікроконтролерів ATmega у складі друкованого вузла Arduino.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Remondino, F. Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning.[Текст] / Remote Sensing. – 2011. - №3.6. – С. 1104-1138.
2. 3D-сканирование в интересах 3D-моделирования [Электронный ресурс].-Режим доступа:<http://www.comprice.ru/articles/detail.php?ID=40134>

УДК 004.352

Малий О.Ю.<sup>1</sup>, Скрипник В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. каф ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-514м ЗНТУ

## **ВІДДАЛЕНЕ УПРАВЛІННЯ СТАНАМИ ВУЗЛІВ НА ВИРОБНИЦТВІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДІВ**

У сучасній сфері промислових і будівельних робіт необхідним елементом є електрод. Матеріал електродів використовується для зварювального інвентарю.

Малогабаритне виробництво з виготовлення електродів, деталей до зварювальних апаратів є вигідним і ефективним, а обладнання для виробництва зварювальних електродів дуже затребуваним.

Невід'ємною частиною наукового прогресу і вдосконалення виробничої системи є автоматизація виробництв та виробничих процесів, а також розробка і впровадження віддаленого (дистанційного) управління системами на виробництві та в інших сферах промисловості.

Основна мета даних впроваджень - це скорочення витрат за рахунок впровадження автоматичної системи або системи без людської участі. Тільки максимальна автоматизація виробництв дозволить залишатися вітчизняним виробникам конкурентоспроможними: роботизованим і автоматичним системам не потрібні: спецодежда, відпустка, лікарняний і т. д. У даних систем немає недоліків і людських вад, через які відбуваються значні втрати на виробництві. Особливо впровадження систем віддаленого управління і автоматизації необхідно на небезпечних і шкідливих виробництвах.

Ми пропонуємо розробити спеціальний програмний продукт для виконання всіх поставлених завдань SCADA систем.

SCADA (supervisory control and data acquisition, диспетчерське управління і збір даних) - програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. SCADA може бути частиною АСУ ТП, АСКОЕ, системи екологічного моніторингу, наукового експерименту, автоматизації будівлі і т. д. SCADA-системи використовуються у всіх галузях господарства, де потрібно забезпечувати автоматичне керування технологічними процесами в режимі реального часу.

SCADA-системи вирішують наступні завдання:

- обмін даними з "пристроями зв'язку з об'єктом", (тобто з промисловими контролерами і платами вводу / виводу) в реальному часі через драйвери;
- обробка інформації в реальному часі;

- логічне управління;
- відображення інформації на екрані монітора в зручній і зрозумілій для людини формі;
- ведення бази даних реального часу з технологічною інформацією;
- аварійна сигналізація і управління тривожними повідомленнями;
- підготовка та генерування звітів про хід технологічного процесу;
- забезпечення зв'язку з зовнішніми додатками (СУБД, електронні таблиці, текстові процесори і т. д.).

Розробка віддалене управління виробництвом зварювальних електродів в наш час дуже актуальна тема. Автоматизація виробництва дозволяє виключити помилки, підвищити продуктивність і дозволяє організувати ефективне виробництво в будь-якій галузі. Так само віддалене та автоматичне керування виробництвом дозволяє не тільки скоротити штат працівників на 50-90%, але і зменшує ризик виробничого травматизму на 73-98%.

## **СПИСОК ВИКОРИСТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. «SCADA-системи: погляд зсередини». А.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В., Андреев Б.Є., видавництво «Ртсофт». 2004 р.
2. Сварочное производство / Колганов Л. А. — Ростов н/Д: «Феникс», 2002. — 512 с.

УДК 621.3

Поспеева І.Є.<sup>1</sup>, Моздалевський М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-514м ЗНТУ

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕСЯТКОВОЇ МАТРИЦІ ПОШУКУ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В ГАЛУЗІ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

Наукові дослідження у галузі радіоелектроніки – аналогічно іншим галузям техніки, – це завжди не абстрактне теоретизування, а пошуки фізичних ефектів, які можна застосувати при створенні нових або оптимізації вже існуючих технічних об'єктів (ТО), нових принципів їх функціонування, нових конструкторсько-технічних та технологічних рішень тощо. Подібна науково-дослідна діяльність спрямована на отримання об'єктивно нового конкретного результату і тому вимагає чіткої організації.

При постановці нової цілі, виникненні нової проблеми задачу найчастіше вирішують шляхом перебору багатьох варіантів. Такий метод має

назву метода проб і помилок (ПіП). При цьому не існує ніяких правил генерування й оцінки нових ідей. Придатність чи непридатність тієї чи іншої ідеї оцінюється суб'єктивно, тому що відсутні об'єктивні критерії вибору найкращої ідеї.

В даний час існують та постійно розвиваються різноманітні методи активізації творчого мислення людини, спрямовані на організований пошук потрібного рішення. Для задач інноваційного характеру, які часто виникають при проведенні наукових та практичних досліджень ТО, досить ефективними є морфологічний метод та один з його різновидів: пошук нових рішень за допомогою десяткової матриці пошуку (ДМП), автором якої є Р. П. Повілейко – інженер-дослідник з Новосибірська. Ця методика спрямована, насамперед, на дослідження не будь-яких абстрактних об'єктів, а саме ТО.

Згідно з запропонованою методикою для рішення конструкторсько-винахідницьких задач можна використовувати ряд типових прийомів-евристик (Пр). При їх використанні змінюються якісні показники ТО, що враховуються при проектуванні (Пк). Це дозволяє сформулювати евристичне поле пошуку Пр – Пк, яке і формує ДМП: матриця складається з десяти горизонтальних і десяти вертикальних рядків, у яких приведені Пк та Пр.

Пк характеризують основні властивості ТО, що дозволяють комплексно оцінювати його якість. Вони об'єднані у групи: геометричні, фізико-механічні, енергетичні, конструктивно-технологічні, вимоги з надійності та довговічності, експлуатаційні, економічні, ступінь стандартизації та уніфікації, зручність обслуговування і безпека, художньо-конструкторські.

На основі глибокого аналізу декількох сотень описаних у літературі прийомів вирішення технічних задач сформовано десять груп Пр: неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація.

Кожний із 100 (10x10) комірок ДМП привласнений подвійний індекс, перша цифра якого характеризує групу показників Пк, а друга - групу прийомів Пр.

Методика пошуку нових рішень полягає у послідовному застосуванні кожного з Пр до кожної групи Пк з метою змінення останніх. В результаті на основі існуючого ТО (прототипу) отримаємо цілий ряд нових ТО, які або являють собою оптимізовані, більш досконалі варіанти прототипу, або мають принципово нові властивості, що значно поширюють їх функціональні можливості, якісні показники, сферу застосування тощо.

При синтезі ДМП використовується поняття системи. Та ж сама конструкція у залежності від поставленої задачі може розглядатися і як система в цілому, і як безліч систем, що зв'язані різними відносинами. Це поняття можна звузити до окремої деталі конструкції, або розширити до такого ступеня, що будь-який компонент середовища, раніше зовнішнього до

системи, стає її елементом. Тому та ж сама конструкція може ілюструвати одночасно різні прийоми, методи, принципи вирішення технічних протиріч. Рішення задачі припускає послідовний перебір ряду родинних систем, які розширюються або звужуються.

Технічні протиріччя виникають як між однорідними показниками усередині деякої групи, так і між групами показників, причому в одному «протиріччі» можуть зіштовхуватися декілька показників. Вирішення такого протиріччя може поліпшити один показник за рахунок іншого чи інших, але може поліпшуватися і група показників. Показники і зміни цих показників реальні, об'єктивні, а прийоми їхнього поліпшення суб'єктивні, і, по суті своїй, відбивають роботу людського мозку. При цьому однакове рішення може бути прийняте і пояснене різними прийомами.

Можна проводити розбір матриці по всіх її комірках без прив'язки до якогось конкретного виробу. Це дозволяє проводити інноваційний пошук принципово нових рішень, і результати носять загально-технічний характер. Якщо ж звязати задачу до окремої конструкції, то одержимо ДМП галузеву чи предметну.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Повилейко Р.П. Десятичная матрица поиска. – Рига.: Знание, 1978. – 98 с.
2. Інженерні помилки: Навчальний посібник. / Г. Р. Перегрін, Л. І. Башмакова, І. Є. Поспеева, О. О. Соріна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2007. – 289 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни "Методологія наукових досліджень" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Поспеева І.Є., Шило Г.М. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 98 с.

УДК 004.9

Фурманова Н.І.<sup>1</sup>, Бучко І.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-518сп ЗНТУ

## МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ПРОГРАМУВАННЯ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

Arduino – апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові



програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на ком-п'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (рисунок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто бажає створювати плати власноруч.

TinkerCAD є безкоштовним інструментом і може використовуватися початківцями як просте середовище для побудови перших 3D об'єктів, підготовки їх до 3D-друку, а також для моделювання електронних схем. У редакторі присутня бібліотека готових елементів, що спрощує швидке створення моделей. Початківцям доступні онлайн-підручники. Всі інструменти безкоштовні.

Середовище моделювання електронних схем TinkerCAD складається з наступних компонентів:

- редактор електронних схем;
- емулятор роботи основних електронних компонентів;
- емулятор контролера Arduino;
- редактор скетчів, в тому числі візуальний;
- система налагодження і симулювання проектів з використанням Arduino.

Можливості TinkerCAD можуть використовуватися для створення систем online-навчання за напрямками 3D моделювання, основам електроніки та робототехніки. TinkerCAD дозволяє зменшити помилки, за рахунок відсутності необхідності збирання схеми вживу, а також запобігає перегоранню елементів у випадку неправильної збірки. На сайті присутній вбудований компілятор для завантаження скетчів, який дозволяє не встановлювати окреме програмне забезпечення для цих цілей. Учитель може створити віртуальний клас, в який запросити учнів для спільної роботи.

Нами було запропоновано проведення складання схеми з RGB-діодом, до складу якої входять RGB-діод, резистори, мікроконтролер Arduino, після проведення складання можна виконати його завантаження. У разі правильності дій користувач зможе побачити принцип роботи RGB-діода. У вбудованому компіляторі студент зможе самостійно змінювати затримку, додавати змінні, що дозволить удосконалити схему, та покращувати навички програмування.

Для коректної роботи приладу необхідно створити збірку за наступною схемою, а також виконати завантаження скетчу (рисунок 1).

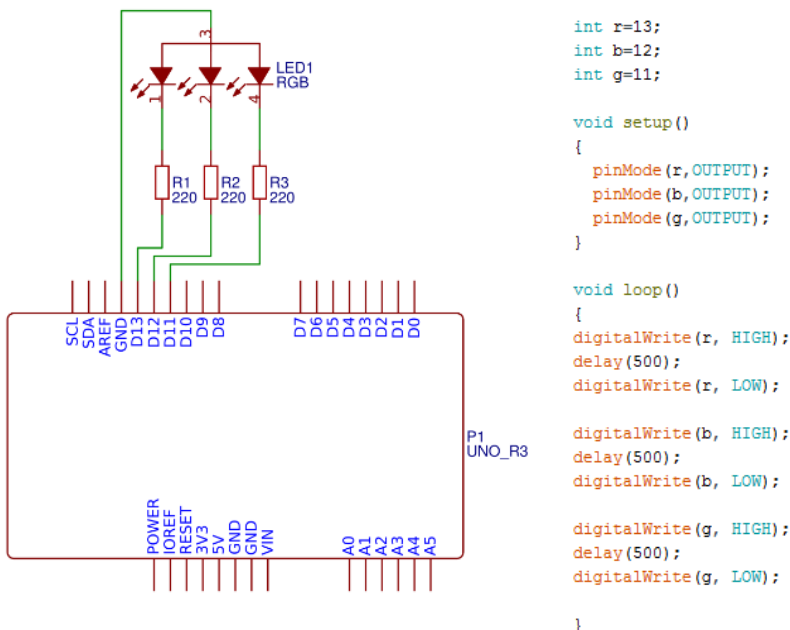


Рисунок 1 – Схема та скетч для включення RGB-діода

УДК 004.9

Фурманова Н.І.<sup>1</sup>, Надворна В.Р.<sup>2</sup>, Деркач Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. КВЕТ 16 1/9 ЗЕТК ЗНТУ

## ЗАСТОСУВАННЯ МАСОВИХ ВІДКРИТИХ ОНЛАЙН КУРСІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Масові відкриті онлайн-курси (МВОК; англ. Massive open online courses, MOOC) - навчальний курс із застосуванням технологій електронного навчання та відкритим доступом через Інтернет, одна з форм дистанційної освіти. Термін МООС придумали в 2008 році Девід Кормієр з канадського Університету острова принца Едуарда (University of Prince Edward Island) і Брайєн Александер з Національного інституту технологій в ліберальному освіті (National Institute for Technology in Liberal Education).

Існує три типи МВОК: без розкладу (завжди доступні); в прямому ефірі (вебінари); за розкладом (строго в певний час).

Переваги онлайн навчання і МВОК: інтерактивність, корисні зв'язки; швидкий зворотний зв'язок і оцінка; кращі викладачі світу; безкоштовне онлайн навчання; новітні спеціальності; структурована подача матеріалу; вільний графік навчання; змішана система онлайн навчання.

Недоліки онлайн навчання і МВОК: самостійне засвоєння навчального матеріалу; відсутність тотального контролю за виконанням завдань.

На даний момент в Україні є такі МВОК як Prometheus, Moodle, EdEra.

Засновники PROMETHEUS наводять наступні переваги навчання на їх платформі:

- доступ до програм найкращих університетів і викладачів світу;
- найновіша інформація, технології, теорії;
- безкоштовне або доступніше за ціною, ніж денне навчання в університеті;
- можливість навчатись будь-де і будь-коли;
- Інформація про успішне навчання онлайн чи наявність сертифікатів трошки збільшує шанси, що на ваше резюме звернуть увагу.

Мінуси:

- труднощі самомотивації, дисципліни, дотримання достатньої програми навантаження;
- недостатня кількість спеціалізованих матеріалів вищого рівня складності;
- успішне завершення курсів, отримання сертифікатів не гарантує наявність потрібних знань і навичок;
- важко оцінити знання чи їх відсутність, ілюзія компетенції.

Основною перевагою системи дистанційного навчання Moodle є можливість її безкоштовного використання. При цьому функціональність системи дистанційного навчання Moodle не поступається комерційним аналогам. Ще однією важливою перевагою системи дистанційного навчання Moodle є те, що вона поширюється у відкритому вихідному коді, що дозволяє адаптувати її під специфіку завдань, які повинні бути вирішені з її допомогою. Вбудовані в систему дистанційного навчання Moodle засоби розробки дистанційних курсів дозволяють знизити вартість розробки навчального контенту і вирішити проблеми сумісності розроблених дистанційних курсів з СДО. Також до переваг системи дистанційного навчання Moodle слід віднести легкість інсталяції, а також поновлення при переході на нові версії.

Разом з тим, Moodle має значний недолік: в системі не передбачені групи рівня сайту, що робить дуже складним облік студентів різних спеціальностей. Крім цього, оцінками слухача можна оперувати тільки всередині курсу. Немає можливості скласти підсумкову відомість, наприклад, з усіх дисциплін семестру, та й саме поняття семестру в базовій версії системи відсутнє.

Зі сказаного можна зробити висновок, що Moodle є системою, орієнтованою на західну модель навчання: вивчення одного курсу декількома групами слухачів, в той час як для організації та управління навчальним процесом вітчизняного ВНЗ, система дистанційного навчання повинна бути орієнтованою на пріоритетне використання навчальних груп.

Система MBOK EDERA має наступні переваги: зручність і мобільність; якість; вибір; висока мотивація до навчання; управління своїм часом; ціна; безпека.

Мінуси онлайн-освіти: відсутність контролюючого органу і чітких критеріїв, що визначають якість пропонованих освітніх послуг в режимі онлайн.

Варто визнати, що багато роботодавців все ще з сумнівом ставляться до дипломів, отриманих в результаті віртуального навчання. Але експерти одностайні в думці: це всього лише питання часу. Ринок онлайн-освіти переживає бурхливе зростання, і ця тенденція в майбутньому лише посилиться. Якість знань і кваліфікація фахівців. Вибираючи, де і у кого вчитися (освітні проекти, платформи, програми, курси, вебінари, репетитори і т.д.), необхідно ретельно перевіряти інформацію і читати відгуки.

## СЕКЦІЯ «ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ»

УДК 004.75:339.722

Гайтота Є.В.<sup>1</sup>, Гальперін Д.В.<sup>1</sup>, Козіна Г.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. РТ-814м ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ЗНТУ

### ОЦІНЮВАННЯ СПОТВОРЕННЯ ВИТЯГНУТОГО ЗОБРАЖЕННЯ ЗІ СТЕГОКОНТЕЙНЕРУ

Метод Дея призначений для вбудовування секретного зображення у кольоровий BMP-файл. Для здійснення даного методу обираються два зображення: кольоровий контейнер (рис. 1, а) та напівтонове секретне зображення (рис. 1, б) однакового розміру. Обидва файли розбиваються на три окремі кольорові площини, а саме R, G і B. Кожна колірна площина секретного зображення приховується методом  $\alpha$ -змішування (обирається у діапазоні від 0 до 1 та позначає частку контейнера у стегоконтейнері). Після перетворень три  $\alpha$ -змішані трансформовані RGB-площини об'єднуються в один файл для створення стегоконтейнеру (рис. 1, в).

Для витягання секретного зображення отримувач проводить зворотню операцію з оригінальним контейнером (рис. 1, а) і стегоконтейнером (рис. 1, в). Результатом цього є отримання витягнутого секретного зображення (рис. 1, г). Останнім кроком виконується перетворення витягнутого секретного зображення у RGB в GS (рис. 1, д). Якість витягнутого зображення залежить від якості само контейнеру.



а - напівтонове секретне зображення; б - кольоровий контейнер ( $\alpha$ -змішування = 0.5); в – стегоконтейнер; г - витягнуте секретне зображення; д - витягнуте секретне зображення у GS.

Рисунок 1 – Приклад застосування алгоритму Дея

Значення найбільш поширених показників візуального спотворення, які засновані на аналізі піксельної структури контейнера, приведені у таблиці 1. До основних показників відноситься: AD - середня абсолютна різниця, NAD - нормована середня абсолютна різниця, NMSE – нормована





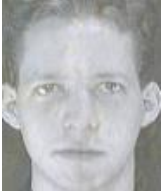




середньоквадратична помилка, SNR- співвідношення "сигнал / шум", IF - якість зображення, NC - нормована взаємна кореляція, CQ - якість кореляції, SC - структурний зміст.

З таблиці слідує, що при збільшенні  $\alpha$  значення середньої абсолютної різниці збільшується, а якість зображення зменшується.

Таблиця 1 – Показники візуального спотворення

A	AD	NAD	NMSE	SNR	IF	NC	CQ	SC
0.5	37.807	0.295	0.083	11.997	0.917	1.215	182.868	0.661
0.68	40.481	0.315	0.097	10.266	0.903	1.228	184.733	0.644
0.86	42.016	0.327	0.107	9.371	0.893	1.235	185.779	0.635

Таблиця 2 – Порівняння витягнутого секретного зображення

	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.68$	$\alpha = 0.86$
Стегоконтейнер			
Витягнуте секретне зображення (RGB)			
Витягнуте секретне зображення(GS)			

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nilanjan Dey, Anamitra Bardhan Roy, Sayantan Dey A Novel Approach of Color Image Hiding using RGB Color planes and DWT, International Journal of Computer Applications, Volume 36 – No.5, December 2011, p. 19-24

## ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ BITCOIN

Забезпечення безпеки bitcoin – це складне завдання через те, що криптовалюта схожа на готівку або золото, тільки в цифровому вигляді. Володіння ключами еквівалентно володінню пачкою готівки або шматком дорогоцінного металу. Bitcoin можна втратити, він може бути вкрадений, а також можливо випадково видати комусь невірну суму. У кожному з цих випадків, користувачі не можуть розраховувати на чиюсь допомогу. Тому безпека цієї системи на сьогоднішній день та у майбутньому викликає занепокоєння.

Однією з проблем безпеки є: як не допустити централізацію біткоїн-мережі, так як це зробило б криптовалюту більш вразливою для кібератак або шахрайської діяльності. Зараз мережа децентралізована, оскільки нею керують майнери - численні люди і підприємства, які видобувають нові біткоїни і підтримують систему. Їх праця оплачується за рахунок винагород за створення блоків і комісій за транзакції, і це становить практично весь їх дохід. Згодом розмір винагород буде знижуватися, і це означає, що якщо комісії за транзакції не будуть збільшуватися, майнери перестануть отримувати прибуток і почнуть виходити з системи. Якщо їх стане менше, система стане більш централізованою, отже, більш вразливою. Крім того, централізація мережі дозволить одному зловмиснику або групі таких людей, контролюючих значну частину майнінгових потужностей атакувати механізм консенсусу з метою порушення безпеки і доступності мережі Bitcoin (атака 51%). Атака 51% означає, що атакуючий зможе не підтверджувати чужі блоки, а підтверджуючи тільки свої, отримувати 100% всіх нових біткоїнів і блокувати за своїм розсудом будь-які транзакції (однак проводити будь-які транзакції на свій розсуд він не зможе, оскільки у нього не буде чужих приватних ключів, щоб ці транзакції підписати).

Ще однією проблемою є те, що електронний гаманець слабо захищений від крадіжок. За замовчуванням гаманець незашифрований. З цієї причини він стає легкою здобиччю для шахраїв. Однак останні версії клієнтів Bitcoin вже містять шифри для захисту даних гаманця, але користувач повинен вручну підключити шифр.

Атака Сивілли означає, що зловмисник може спробувати наповнити мережу підконтрольними йому вузлами, і інші користувачі зможуть

підключитися тільки до блоків, що створені для шахрайства. Це може відбуватися коли атакуючий блокує транзакції від інших користувачів, від'єднавши вас від загальної мережі. Далі зловмисник під'єднує вас тільки до блоків, які створює він, в окремій мережі. В результаті цього будуть з'являтися транзакції, які будуть пересилати гроші повторно (double-spending). Зловмисник може бачити всі ваші транзакції за допомогою спеціальних програм.

Стару копію гаманця зі старим паролем можна відновити за допомогою створення програми відновлення (наприклад, Apple Time-Machine), таким чином виникає проблема відкриття нового електронного гаманця старим паролем через бекапи. Рішенням такої проблеми може бути внесення таких змін, щоб зміна пароля до гаманця автоматично створювала новий гаманець з новим паролем, і накопичені заощадження автоматично переносилися на новий гаманець. При цьому копії будуть неробочими у разі спроби відновлення старого гаманця і пароля.

Наступною проблемою є атаки Denial-of-Service (DoS). Відправлення великої кількості "сміттєвих" даних на вузол, що обробляє транзакції, може ускладнити його роботу. Bitcoin має вбудований захист від атак типу «відмова в обслуговуванні», але сучасні атаки такого типу з кожним разом стають все складніші для блокування.

Існує також проблема відстеження історії грошових транзакцій. Відстеження історії грошових переказів може бути використано для ідентифікації адреси. Так як bitcoin не є повністю анонімним засобом оплати.

Не менш важливою є проблема багів. Наприклад, в вузлі інформація повинна оновлюватися за короткий відрізок часу. Якщо через баг це не відбулося, в ланцюжку не з'явилася потрібна інформація, неправильні дані почали поширюватися по мережі і т.д. Все це може стати причиною зупинки роботи мережі на кілька годин.

Так як спокуса вивести гроші з біткоїн-гаманців велика, зловмисники намагатимуться вигадувати і створювати різноманітні способи відмивання грошей. Таким чином можна зробити висновок, що не існує повністю захищених систем, і електронна система грошових коштів Bitcoin не є виключенням.



УДК 004.056.5

Гуменяк Д.В.<sup>1</sup>, Неласа Г.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. РТ-814м ЗНТУ

<sup>2</sup> доц. ЗНТУ

## **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМУВАННЯ В ЗАДАЧАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

У сучасній розробці бізнес - додатків, велику кількість часу приділяють питанням безпеки передачі, обробки та зберігання інформації в різних інформаційних системах. Це закономірне явище, оскільки веб - додатки вже давно є улюбленими мішенями зловмисників, так як можуть забезпечити доступ до цінної інформації.

Метою роботи є дослідження загроз витоку інформації в інформаційних системах та формування рекомендацій щодо практичного застосування сучасних технологій програмування при вирішенні питань захисту інформації.

В першу чергу авторами роботи звертається увага на проблему написання безпечного коду. Найчастіше при роботі з буферами даних розробники програмного забезпечення забувають очищати пам'ять, що призводить до винятків і зупинки роботи програми.

Хорошим тоном безпечного коду є обробка виключень в блоках try - catch, застосування принципу інкапсуляції, дотримання стандартів оформлення, а також тестування.

Тестування є обов'язковим інструментом розробника, так як дозволяє виявити безліч помилок ще на стадії розробки програми.

Слід окремо звернути увагу на стратегію роботи з паролями користувача. Найчастіше вони зберігаються в базу даних в явному вигляді, що при успішній sql - ін'єкції може привести до їх витоку. Для уникнення такої ситуації пропонується використовувати алгоритми хеш - функцій для перетворення пароля в неявний вид.

Одна з найбільш поширених загроз витоку інформації - є витік по каналу зв'язку. Їм може виступати ТСП - з'єднання з сервером. За допомогою сніффінга зловмисник перехоплює і отримує доступ до даних, які передаються в перебігу обробки з'єднання. Для виключення такої ситуації розробникам програмного забезпечення рекомендується використовувати шифрування інформації на базі доступних алгоритмів, наприклад "Калина". Таким чином, якщо відбувається несанкціонований доступ до інформації за допомогою перехоплення трафіку - шкідник не зможе з ними нічого зробити, тому що вони зашифровані.

## БЕЗПЕКА «НУЛЬОВОЇ ДОВІРИ»

Традиційні стратегії забезпечення безпеки не працюють, і все більше компаній стають жертвами зловмисників. За даними опитування, проведеного компанією PricewaterhouseCoopers (PwC) [1], загальна кількість інцидентів у сфері безпеки по всьому світу зростає.

Мета даної роботи полягає в проведенні всебічного аналізу існуючих методів розмежування доступу до ресурсів комп'ютерних систем на прикладі моделі безпеки «нульової довіри».

Сьогодні основні джерела кіберзагроз – це іноземні держави, конкуренти і організована злочинність. За даними PwC, кіберзлочинці поступово переключаються на середній бізнес, так як великі підприємства посилюють захист.

Багато підприємств досі використовують застарілі технології (наприклад, мережі VPN і брандмауери периметра мережі), розроблені задовго до появи сучасних способів злому.

Модель «нульової довіри» розмежовує окремі мережні компоненти, щоб надійно захистити найважливіші дані, запобігти несанкціонованому доступу до них з боку додатків і користувачів, посилити безпеку вразливих систем і виключити проникнення в мережу шкідливих програм.

Мережа «нульової довіри» побудована на п'яти основних твердженнях [3]:

- мережа завжди вважається ворожою.
- зовнішні та внутрішні загрози завжди існують у мережі.
- локальна мережа недостатня для вирішення довіри до мережі.
- кожен пристрій, користувач і мережний потік автентифікований і авторизований.
- політика повинна бути динамічною та обчислюватися з якомога більшої кількості джерел даних.

В основі моделі «нульової довіри» лежить принцип «Не довіряй і перевіряй»: жоден об'єкт, незалежно від його типу, розташування або приналежності до корпоративної мережі, що не вважається безпечним. Такий підхід допоможе запобігти атакам кіберзлочинці та інших зловмисників.

З моделлю «нульової довіри» не існує довіри за замовчуванням для будь-якої організації - включаючи користувачів, пристроїв, додатків і пакетів - незалежно від того, що вона є та її місцезнаходження на або відносно

корпоративної мережі. Встановивши межі «нульової довіри», які ефективно розділяють різні сегменти мережі, можна захистити критичну інтелектуальну власність від несанкціонованих додатків або користувачів, зменшити вплив вразливих систем і запобігти бічному переміщенню шкідливих програм у вашій мережі.

Мережі «нульової довіри» не вимагають нових протоколів або бібліотек. Проте вони використовують існуючі технології новими способами. Системи автоматизації дозволяють створювати та експлуатувати мережу нульової довіри [2].

Існує багато способів реалізації цієї автоматизації. Цілеспрямовані системи є найбільш ідеальними, хоча тут також можуть поміститися більш звичайні системи, такі як традиційне керування конфігураціями. Широке впровадження управління конфігураціями є важливим етапом для нульової мережі довіри, оскільки ці системи часто підтримують запаси пристроїв і здатні автоматизувати конфігурацію мережного нагляду у площині даних.

Аналіз даної теми показав, що при побудові архітектури розробники забувають, що далеко не всі компоненти корпоративної мережі є надійними. Крім того, немає належного рівня прозорості, контролю і захисту вхідного і вихідного трафіку.

Відзначимо, що модель «нульової довіри» не пов'язана з конкретними постачальниками і має гнучку архітектуру, що враховує індивідуальні вимоги до безпеки.

Організації, що використовують модель «нульової довіри», будуть використовувати її як можливість для повторного вивчення своєї політики і процесів в області кібербезпеки. Вони також все частіше звертаються до провайдерів керованих послуг безпеки, щоб розширити свої можливості моніторингу та управління безпекою. Це дозволить їм зосередитися на отриманні максимальної віддачі від своїх інвестицій в засоби контролю безпеки і ресурси, а також забезпечити їх належне та ефективне застосування.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Managing cyber risks in an interconnected world [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pwc.com/gx/en/consulting-services/information-security-survey/assets/the-global-state-of-information-security-survey-2015.pdf>.
2. Top IT trends in 2018: cybersecurity [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dimensiondata.com/it-trends/cybersecurity-2018>
3. Chapter 1. Zero Trust Fundamentals [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.oreilly.com/library/view/zero-trust-networks/9781491962183/ch01.html>.

## **АНАЛІЗ ЗАГРОЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ ДІМ»**

Система «розумний дім» – це практично повна автоматизація управління девайсами, пристроями в усіх кімнатах та приміщеннях дому, а також офісах, квартирах і т.д. Система може керувати окремими блоками, так і будинком в цілому. Можлива передача команд на масці або дистанційно за допомогою смартфонів. Під «розумним» домом слід розуміти систему, яка забезпечує безпеку та ресурсозбереження для всіх користувачів. У загальному випадку вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, які відбуваються в домі, і належним чином на них реагувати.

Основним елементом, який забезпечує функціонування системи життєзабезпечення «розумного дому» є телекомунікаційна мережа. Через мережу проводиться знімання інформації з різного роду датчиків і передача їх на головний контролер для обробки. Контролер після обробки інформації здійснює передачу сигналів управління на виконавчі елементи (датчики перекриття води, ввімкнення засобів пожежогасіння, блокування дверей і т.д.). Через центральний контролер відбувається налаштування та управління «розумними домом» легальним користувачем, а також через нього при необхідності здійснюється передача заданої інформації користувачу системи через зовнішню мережу при його відсутності у приміщенні (наприклад, при несанкціонованому проникненні, пожежі).

Така телекомунікаційна мережа може бути побудована з використанням як провідних так і бездротових каналів зв'язку, наприклад Wi-Fi, Bluetooth або 4G.

Загрози інформаційної безпеки системи «розумний дім» залежать від методів побудови системи, технологій які використовуються в системі та інформаційних потоків які обробляються системою. Виходячи з цього, реалізація системи «розумний дім» в різних конфігураціях має різні загрози інформаційної безпеки.

Основні загрози для системи «розумний дім»:

- атака хакерів;
- перехват інформації;
- віруси в системі;
- витік інформації технічними каналами.

Також існують інші загрози, які можуть вплинути на роботу системи – це стихійні лиха, перебої в мережі, помилки програмного забезпечення (ПЗ), помилки користувача.

Основні вразливості системи «розумний дім»:

1. Підключення мережі «розумного дому» до інтернету. Таким чином при неефективному захисті можна заразитися вірусними програмами, а також підвищується ймовірність атаки хакерів.

2. При неефективному захисту трафіку, підвищується ймовірність перехвату інформації по каналах трафіку.

3. При поганій системі автентифікації та ідентифікації можливий доступ несанкціонованого користувача за рахунок крадіжки даних.

4. Вихід провідників, в яких можуть бути наводки випромінювань, за межі контрольованої зони.

Система може мати ще такі вразливості, як людський фактор (продаж даних), неефективна система захисту від помилок користувача, помилки про використання неліцензованого ПЗ.

Можливі наслідки загроз:

а) порушення роботи, або вихід з ладу центрального сервера, а отже і всієї системи.

б) порушення конфіденційності інформації, яка передається по каналах зв'язку. Можливий захват управління системою.

в) збої в ПЗ системи, а отже – порушення роботи або вихід з ладу апаратури системи.

Тому, для вирішення проблем інформаційної безпеки системи «розумний дім» необхідно провести ретельний аналіз всіх можливих загроз, та вимог до надійності таких систем.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. От умных приборов к интеллектуальному пространству. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://umnydom.kiev.ua/index.php?nma=catalog&fla=stat&cat\\_id=3&page=3&nums=24/](http://umnydom.kiev.ua/index.php?nma=catalog&fla=stat&cat_id=3&page=3&nums=24/)

2. Система Умный Дом — технология экономии, удобства и комфорта высокого уровня. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://smarton.com.ua/smart\\_home/systema\\_umniy\\_dom\\_intro/](http://smarton.com.ua/smart_home/systema_umniy_dom_intro/)

## **ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІЗАТОРІВ СПЕКТРА ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

Аналізатори спектра (АС) представляють собою високочутливі вимірювальні прилади, призначені для проведення аналізу і вимірювання характеристик сигналів. Підключення на вхід аналізатора радіоприймальної антени дозволяє використовувати його для вимірювання параметрів випромінювань радіоелектронних засобів (РЕЗ), моніторингу зайнятості спектру, пошуку джерел ненавмисних та навмисних радіоперешкод та вирішення інших завдань. Аналізатори спектра є основним інструментом, що використовується при радіоконтролі навколишнього середовища.

Зараз аналогові АС витіснені цифровими, побудованими на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Такі аналізатори спектра мають певні переваги: більш високу роздільну здатність і швидкість роботи, можливість аналізу імпульсних і одноразових сигналів, виділення слабких сигналів на фоні більш потужних. Вони здатні обчислювати не тільки амплітудний, але і фазовий спектр, а також одночасно представляти сигнали в часовій і частотній областях. У деяких з них додатково реалізований режим синхронізації по частотній масці (селективний запуск).

Важливими характеристиками аналізаторів спектра з ШПФ є смуга частот, яку можна аналізувати, і швидкість аналізу сигналу в цій смузі. За цими характеристиками їх можна розділити на:

- векторні аналізатори спектра;
- аналізатори спектра реального часу. [1]

Основою АС реального часу є перетворювач супергетеродинного типу (рис. 1), який переводить спектр досліджуваного сигналу в область проміжної частоти (ПЧ). Атенюатор служить для ослаблення потужних вхідних сигналів. Фільтр низьких частот і змішувач з гетеродином перетворюють частину області частот досліджуваного сигналу в область проміжних частот. Фільтр ПЧ формує потрібну смугу огляду. Її можна переміщати по діапазону частот аналізатора зміною частоти гетеродину. Такий гетеродин побудований на основі високоточного і високостабільного цифрового синтезатора частоти.

У звичайних аналізаторів спектру сигнал ПЧ детектується тим чи іншим детектором (лінійним, квадратичним, середньоквадратичним і т. п.). Це веде до деякої відмінності спектрів в залежності від обраного детектора.

В аналізаторі спектра реального часу за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і блоку пам'яті сигнал ПЧ оцифровується, запам'ятовується і детектується цифровим детектором.

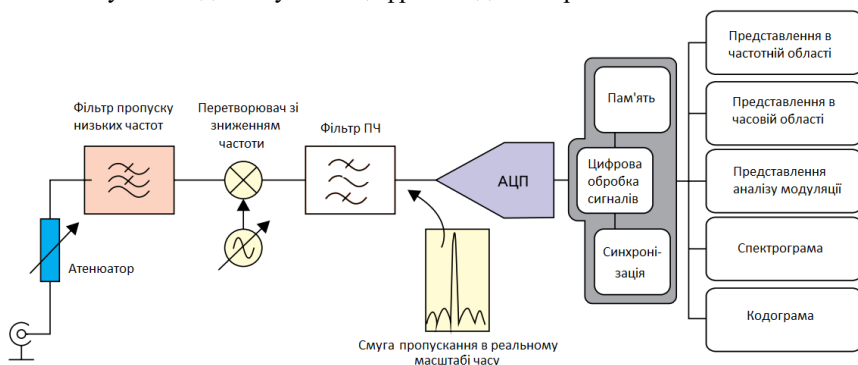


Рисунок 1 – Спрощена функціональна схема аналізатора спектра реального часу

Векторні аналізатори дозволяють аналізувати залежність фази сигналу від частоти. Ці прилади мають великі можливості в побудові не тільки звичайних спектрів, але і спектрограм, заснованих на використанні швидкого віконного перетворення Фур'є. Це дає можливість будувати тривимірні спектрограми і спектрограми, що дозволяють визначати зміну спектрів в часі.

Останнім часом, у зв'язку зі значним збільшенням продуктивності елементної бази і вдосконаленням алгоритмів обробки, спостерігається бурхливий ріст аналізаторів спектра, які дозволяють обробляти вибірки в режимі реального часу, без пауз на обробку. Це дає можливість не пропускати рідкісні події при аналізі сигналів. Крім того, часовий поділ сигналів дозволяє виділити слабкі сигнали на тлі сильних.

Одним з найбільш масових застосувань аналізаторів спектра став контроль електромагнітного поля в приміщеннях і на місцевості. Це потрібно для пошуку джерел радіозавад, виявлення підслуховуючих і підглядаючих пристроїв (так званих «жучків»), визначення зони розповсюдження та спектра побічних електромагнітних випромінювань працюючої апаратури і т.п. Бажаєно, щоб такі прилади були портативними, але виконували функції звичайних стаціонарних аналізаторів спектра, а також мали автономне живлення від акумуляторних батарей.

Крім того, в аналізаторах цього типу може застосовуватися приймач системи глобального позиціонування GPS, що дозволяє будувати на екрані аналізатора карту місцевості і визначати напрямки на джерела

випромінювання. Таким чином, АС може виконувати функцію пеленгатора джерела випромінювання і класифікувати джерела на основі аналізу їх спектра.

Застосування спеціалізованого програмного забезпечення в аналізаторах спектра дозволяє демодулювати сигнали різноманітних стандартів, що дає можливість ідентифікувати джерело та тип сигналу, а також здійснювати більш точні вимірювання параметрів випромінювань РЕЗ [2].

Перераховані вище можливості аналізаторів спектра в поєднанні з антенними системами, що дозволяють здійснювати просторову обробку сигналів, і спеціальним програмним забезпеченням, відкривають нові унікальні можливості в області радіоконтролю з метою запобігання витоку інформації. Зокрема, з огляду на можливості по використанню геоінформації, а також можливості аналізаторів спектра з розділення сигналів, такі засоби радіоконтролю дозволяють одночасно розпізнавати різні джерела випромінювань, демодулювати їх сигнали з виявленням ідентифікаційної інформації і визначати їх можливе місце розташування. Це істотно полегшує пошук перешкод, а також виявлення несанкціонованих засобів зняття інформації та побічних електромагнітних випромінювань апаратури, що обробляє режимну інформацію.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Анализ рынка радиоконтрольного оборудования и специальных средств измерений. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/kontseptsiya-radiokontrolya-prilozhenie-13.pdf>
2. Современные цифровые анализаторы спектра. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tsifrovye-analizatory-spektra>.

УДК 621.318

Лізунов С.І.<sup>1</sup>, Розумовський К.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-714м ЗНТУ

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕКРАНЮЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

Сьогодні для зберігання і обробки режимної інформації широко застосовуються різні електронні пристрої, проте в ході їх роботи оброблювану інформацію можливо викрасти із-за випромінювання цими



приладами високочастотних (ВЧ) випромінювань. Більше того, інформацію можна викрасти по радіоканалу за допомогою заносних радіозакладних пристроїв, а також за допомогою зовнішнього високочастотного наві'язування.

Проблеми таких уразливостей можна вирішувати активними і пасивними способами. Активний метод полягає в зашумленні випромінювань за допомогою генераторів шуму, а пасивний метод - в екрануванні джерел інформативного сигналу.

Проте використання активних засобів має певні недоліки:

- Тривале знаходження персоналу в кімнаті з генераторами шуму може негативно вплинути на їх здоров'я.

- При зміні розташування джерел інформативного сигналу (наприклад, перестановці ПК або додаванні нових), загальний рівень сигналу в приміщенні може змінитися таким чином, що сигнали можна буде виявити поза приміщенням, незважаючи на зашумлення.

- Необхідно зашумлювати сигнали в широкому діапазоні частот. Межі цього діапазону не завжди можна чітко визначити із-за биття декількох сигналів, а також можливого зовнішнього ВЧ впливу.

- Наявність пригнічуючих випромінювань демаскує об'єкт і може заважати роботі інших чужих пристроїв за межами контрольованої зони.

- Використання активних засобів передбачає постійні додаткові дії (наприклад, підготовка комплексу до роботи, включення, виключення, профілактика, постійна перевірка його працездатності і тому подібне).

- Необхідні додаткові джерела живлення. Іноді це приводить до обмеження працездатності генераторів шуму у часі.

Екранування має на увазі під собою обгороджування джерел випромінювання спеціальним екраном, який локалізує електромагнітну енергію в собі, не даючи їй вийти за його межі. Також екран заважає зовнішнім електромагнітним випромінюванням потрапляти всередину. Екранування має особливості, які можна з вигодою використати при захисті виділених приміщень або об'єктів:

- Будучи пасивним методом, після установки екрану з ним значно менше робіт по перевірці його працездатності.

- Екранування випромінюючих установок може понизити шкідливу дію електромагнітних полів на людей.

- Екранування одночасно усуває загрози витоку інформації як по каналах ПЕМВН, так і за допомогою радіозакладок, що знаходяться в приміщенні.

- Відсутні демаскуючі ВЧ випромінювання.

В якості матеріалів для ефективного екранування використовуються металеві листи і сітки [1]. Сталеві листи завтовшки 2-3 мм, зварені

герметичним швом, забезпечують найбільший екрануючий ефект (до 100 дБ і більше). Товщина сталевго листа вибирається виходячи з міцності конструкції і можливості створення суцільного шва [2].

До недоліків листових металевих екранів можна віднести високу вартість, велику вагу, великі габарити і складність монтажу. Цих недоліків позбавлені металеві сітки. Вони легше, простіше у виготовленні і розміщенні, дешевше. Основними параметрами сітки є її крок, рівний відстані між сусідніми центрами дроту, радіус дроту і питома провідність матеріалу сітки. До недоліків металевих сіток відносять, передусім, високий знос в порівнянні з листовими екранами.

Для екранування також застосовуються фольгові матеріали. До них відносяться електрично тонкі матеріали завтовшки 0,01- 0,05 мм. Фольгові матеріали в основному робляться з діаманітних матеріалів - алюміній, латунь, цинк.

Перспективним напрямом в області екранування є застосування струмопровідних фарб і напилен [3], оскільки вони дешеві, не вимагають робіт по монтажу, прості в застосуванні. Струмопровідні фарби створюються на основі діелектричного плівкотвірного матеріалу з додаванням в нього складових, що проводять струм, пластифікатора і отверджувача. В якості струмопровідних пігментів використовують колоїдне срібло, графіт, сажу, оксиди металів, порошкову мідь, алюміній [4].

Особливу увагу треба приділяти екрануванню вікон, дверей та систем вентиляції. Для цього, крім вище згаданого, використовують спеціальні тканини [5].

Слід врахувати, що для правильної роботи екран має бути заземлений, інакше він може навіть виступати випромінювачем небезпечного сигналу. Також екран має бути цілісним і не мати проміжків більше ніж довжина хвилі небезпечного сигналу. У зв'язку з цим в місцях входу в екрановане приміщення різних комунікацій необхідно встановлювати спеціальні фільтри, що перешкоджають виходу небезпечних сигналів за межі контрольованої зони.

За певних умов, елементи вищезгаданих конструкцій можуть виконувати роль звукопроводів, що потребує особливої уваги та додаткових заходів при їх монтажі та експлуатації з метою захисту мовної інформації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Виды экранирующих материалов. Применение и экранирование. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/ekraniruiushchikh-materialov/>

2. Торокин А.А. Основы инженерно-технической защиты информации. – М.: Издательство "Ось", 1998. – 336 с.

3. А. Борисов, А. Мачулянский, М. Родионов. Применение тонких металлических пленок для электромагнитного экранирования. – Національний технічний університет України «КПІ»: Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні, вип. 3, 2001 р., с. 187-196.

4. НОУ ИНТУИТ | Лекция | Методы защиты информации от утечки через ПЭМИН. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2291/591/lecture/12704>

5. Тканини для захисту від ЕМВ. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://nanomarket.com.ua/g46846235-zasobi-zahistu-vid>

УДК 004.051

Воскобойник В.О.<sup>1</sup>, Баранов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-814м ЗНТУ

## **АНАЛІЗ ЗАХИЩЕНОСТІ ERP СИСТЕМ І РОЗРОБКА ПОЛІТИКИ ЇХ БЕЗПЕКИ**

ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планування ресурсів підприємства) - це організаційна стратегія інтеграції виробництва, управління трудовими ресурсами, фінансового менеджменту і управління активами. ERP орієнтована на безперервну балансування і оптимізацію ресурсів підприємства за допомогою спеціалізованого пакета прикладного програмного забезпечення, який забезпечує загальну модель даних і процесів для всіх сфер діяльності. ERP-система є конкретним програмним пакетом, які реалізують стратегію ERP. Із завданням вибору шляху інформатизації стикається практично кожне підприємство на певній фазі свого розвитку. Один із шляхів такого розвитку - це впровадження ERP-системи.

Аналіз показав, що можливо виділити кілька причин уразливості систем ERP:

- складність та велика кількість тонких налаштувань;
- специфічність;
- недолік кваліфікованих фахівців та інструментів для аудиту безпеки. Проблеми безпеки в системі ERP можуть виникати на різних рівнях:
  - мережний рівень (можливість перехоплення і модифікації трафіку, уразливості протоколів шифрування або аутентифікації, уразливості мережних протоколів);
  - рівень ОС (програмні уразливості ОС);

- уразливості СКБД (переповнення буфера, format string, курсор снарфінг);
- уразливості додатків.

Оскільки управління і користування системою здійснюється людьми на основі перерахованих вище вразливостей, пропонуються рішення, такі як управління доступом на основі ролей, поділ повноважень та використання сканерів безпеки систем ERP.

У більшості сучасних систем ERP для того, щоб дозволити користувачам виконувати тільки строго певні транзакції і отримувати доступ лише до певних бізнес-об'єктів, застосовується модель RBAC (Role-Based Access Control, керування доступом на основі ролей). У моделі RBAC рішення про надання доступу користувачеві приймаються на основі функцій, які користувач виконує в організації. Ці функції називаються ролями. Наприклад, ролі в банку це касир, бухгалтер, кредитний інспектор та ін..

Поділ повноважень (Separation / Segregation of Duties, SoD) - концепція, яка полягає в тому, що користувач не може зробити транзакцію без сприяння інших користувачів. Наприклад, користувач самостійно не може додати нового постачальника, виписати рахунок або заплатити постачальнику. Таким чином знижується ризик помилки або шахрайства.

Сканер безпеки систем ERP - це комп'ютерна програма, призначена для пошуку вразливостей в системах ERP. Сканер аналізує конфігурацію ERP-системи на наявність небезпечних параметрів аутентифікації, контролю доступу, шифрування, перевіряє, чи встановлені останні версії компонентів, шукає компоненти системи про які відомо, що вони небезпечні. Крім цього, сканер перевіряє параметри системи на відповідність рекомендаціям виробника і процедурам аудиту ISACA. Результатом роботи сканера безпеки є звіт, в якому представлені виявлені вразливості і ступінь критичності кожної з них.

Таким чином запропоновані методи, нейтралізують загрозу навмисного чи випадкового втручання в роботу систем ERP із сторони персоналу. Практично для будь-якої ERP крім штатних засобів захисту інформації, як правило, потрібні додаткові програмні засоби, в тому числі криптографічні, і залучення сторонніх постачальників для виконання всіх вимог з інформаційної безпеки. Дані методи не гарантують повної безпеки, але забезпечують гідний рівень захисту.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1 Информационная безопасность ERP-систем [Електронний ресурс] / Юрий Зирянов - Режим доступа: <http://www.uipdp.com/articles/2012-07/17.html>

2. Что такое ERP система и для чего она нужна? [Електронний ресурс] / Зарицький Олег Володимирович - Режим доступу: [https://sitis.com.ua/about/articles/chto\\_takoe\\_erp\\_sistema\\_i\\_dlya\\_chego\\_ona\\_nuzhna](https://sitis.com.ua/about/articles/chto_takoe_erp_sistema_i_dlya_chego_ona_nuzhna)

УДК 004.021

Воскобойник В.О.<sup>1</sup>, Лагунов І.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-814м ЗНТУ

## **ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

Система захисту інформації для великих підприємств являє собою велику і не однорідну структуру. В таких випадках важливо правильно оцінити ступінь загрози та цінність інформації, і вже виходячи з цих даних будувати систему захисту інформації. Через велику кількість вхідних та вихідних даних в сучасних системах обробки інформації, а також різних факторах що впливають на систему, виникає необхідність автоматизації обробки даних, а це призводить до створення експертної системи.

У процесі оцінювання стану забезпечення інформаційної безпеки і тенденцій її зміни, проводиться аналіз впливу суттєвих факторів на результати оцінки, що ускладнює вимоги до експертної системи. Якщо не проводити аналіз впливу факторів, то досить розробити базу даних і програми розрахунку показників. Однак, як показує практика, необхідно не тільки оцінити стан забезпечення інформаційної безпеки, але і встановити фактори, зміна яких підвищує або знижує захищеність інформаційних систем від негативних впливів.

Аналіз можливо проводити за допомогою багаторазових розрахунків показників оцінки забезпечення інформаційної безпеки за розробленими аналітичним співвідношенням, але треба здійснювати варіювання багатьох одиничних показників, що використовуються для розрахунків комплексних показників ефективності. Важливу роль при оцінюванні стану забезпечення інформаційної безпеки грає призначення вагових коефіцієнтів для показників всіх рівнів, яке використовує метод експертного опитування, що призводить до відхилення результатів оцінки і необхідності коригування вагових значень показників.

Результати експертної оцінки залежать від методу, що був використаний, але в будь-якому випадку ці процедури є досить рутинними. При наявності неповних або нечітких вихідних даних результати раніше проведених аналізів стану забезпечення інформаційної безпеки можуть

виявитися важливими, але трудомісткі процедури порівняння численних вихідних даних вкрай ускладнюють використання прямих методів розрахунку показників.

Експертна система, найчастіше, являє собою спеціалізований програмний продукт, який буде встановлюється на автоматизовані робочі місця як персоналу з забезпечення інформаційної безпеки, так і керівників організації.

Експертна система має забезпечувати можливість проведення оцінки ефективності захисту інформації на перед проектної стадії створення систем захисту інформації при проведенні внутрішньої чи зовнішньої перевірки інформаційної безпеки для визначення відповідності інформаційних систем що до вимог безпеки інформації.

З врахуванням сказаного, роботу по проведенню оцінки ефективності захисту інформації пропонується здійснювати виконуючи наступні процедури:

- підготовка вихідних даних;
- проведення контролю реалізації вимог;
- розрахунок комплексних показників оцінки стану системи захисту інформації.

Особливу роль в системі оцінки інформації грає 3-й етап, оскільки необхідно: розробити комплексні моделі показника ступеня виконання вимог до складу організаційно-розпорядчих документів, структури та складу підрозділу по забезпеченню інформаційної безпеки, ступеня виконання вимог до кваліфікації фахівців експертної комісії, показника організаційних заходів захисту інформації, то що, та всієї системи в цілому; розрахувати ступінь виконання вимог до кожної функціональної підсистеми.

Таким чином, запропонований підхід може бути використаний в практичній діяльності підрозділів підприємства, що здійснюють заходи по забезпеченню інформаційної безпеки. На відміну від існуючих підходів, він дозволяє виконувати експрес-оцінку стану інформаційної безпеки при проведенні аудиту; при періодичному контролі ефективності забезпечення захисту інформації, а також автоматизувати процес відпрацювання рекомендацій по удосконаленню системи інформаційної безпеки організації; забезпечує вирішення задачі оцінки і аналізу стану системи забезпечення інформаційної безпеки.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Зюзин А.С. Современные тенденции оценки защиты информации / А.С. Зюзин // Научный журнал КубГАУ.– Краснодар: КубГАУ, 2015. – №03(107). С. 498 – 509.

2. Козулин С.В. Применение экспертных систем для анализа и оценки информационной безопасности / С.В.Козулин // Молодой ученый. – 2017. – №11. – С. 40-43.

УДК 699.844:004.0565

Воскобойник В.О.<sup>1</sup>, Єфіменко М.М.<sup>2</sup>, Слива О.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-715 ЗНТУ

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Критерії ефективності захисту акустичної інформації багато в чому залежить від цілей, переслідуваних при організації захисту, на сам перед це приховати смисловий зміст розмови та її тематику.

Зрозумілість мовного повідомлення характеризується кількістю правильно прийнятих слів, що відбивають якісну область зрозумілості, яка виражена в категоріях подробиці довідки про перехоплену розмову, яка готується "агентом".

Аналіз показав, що в цілому можна встановити певну шкалу оцінок якості перехоплення мовного повідомлення:

1) перехоплене голосове повідомлення містить кількість правильно понятих слів, достатнє для складання докладної довідки про практичний зміст перехопленого розмови.

2) перехоплене голосове повідомлення містить кількість правильно понятих слів, достатнє лише для складання короткої довідки-анотації, що відбиває предмет, проблему, мету і загальний сенс перехопленого розмови.

3) перехоплене голосове повідомлення містить окремі правильно поняті слова, дозволяють встановити предмет розмови.

4) при прослуховуванні фонограми перехопленого мовного повідомлення можливо встановити факт наявності мови, але не можна встановити предмет розмови.

Дослідження даного напрямку дозволило зробити висновок, що складання докладної довідки про зміст перехопленої розмови неможливе при словесній розбірливості менше 60-70%, а короткої довідки-анотації – при словесній розбірливості менше 40-50%. При словесній розбірливості менше 20-30% значно утруднене встановлення навіть предмету розмови, що ведеться, а при розбірливості менше 10% - зовсім відсутня розбірливість.

Для зниження розбірливості мови необхідно прагнути зменшити відношення "рівень мовного сигналу / рівень шуму" (сигнал / шум) в місцях можливого розміщення датчиків апаратури акустичної розвідки. Це можливо

досягти або зменшенням (ослаблення) рівня мовного сигналу (пасивні методи захисту), або збільшення рівня завад (створення акустичних і вібраційних перешкод).

В ході дослідження було встановлено, що для розрахування складової та словесної розбірливості в першу чергу необхідно розрахувати інтегральний індекс артикуляції мови за наступною формулою:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i$$

де  $R_i$  – інформаційна вага  $i$ -тої спектральної смуги частотного діапазону мови, а  $N$  кількість спектральних смуг мовного діапазону.

Встановлено, що після розрахування інтегрального індексу артикуляції, можливо розрахувати складову розбірливість  $S$  за наступними співвідношеннями:

$$S = \begin{cases} 4 * R^{1,43}, & \text{якщо } R \leq 0,15 \\ 1,1 * [1 - 1,17 * \exp(-2,9 * R)], & \text{якщо } 0,15 \leq R \leq 0,7 \\ 1,01 * [1 - 9,1 * \exp(-6,9 * R)], & \text{якщо } R > 0,7 \end{cases}$$

Дослідження показали, що словесна розбірливість  $W$  залежить від складової розбірливості, яку можна розрахувати наступним чином:

$$W = 1,05 \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{6,15 \cdot S}{1 + S}\right) \right]$$

Виходячи з вищесказаного, можливо затверджувати, що залежність словесної розбірливості від інтегрального індексу артикуляції мови слід розраховувати:

$$W = \begin{cases} 1,54 * R^{0,25} [1 - \exp(-11 * R)], & \text{якщо } R < 0,15 \\ 1 - \exp\left(-\frac{11 * R}{1 + 0,7 * R}\right), & \text{якщо } R \geq 0,15 \end{cases}$$

В ході роботи була встановлена шкала оцінок якості перехоплення мовного повідомлення, проведений аналіз відомих методів розрахунку складової та словесної розбірливості та визначені математичні співвідношення залежності словесної розбірливості від інтегрального індексу артикуляції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка ефективності захисту акустичної інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://um.co.ua/2/2-15/2-150880.html>.



2. Методологические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.techelements.ru/eletovs-192-1.html>

УДК 004.72.056.52

Щекотихін О.В.<sup>1</sup>, Шестопапов О.О.<sup>2</sup>, Старченко М.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-817 ЗНТУ

## **ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСОК ПОСТІЙНОЇ ДОВЖИНИ**

В даній роботі досліджено маски підмережі та їх властивості. Це бітова маска для визначення за допомогою IP-адреси адресу підмережі (так званий «префікс») та адресу вузла цієї підмережі (комп'ютер або будь-який пристрій підключений до мережі). Вона не є частиною IP-паketу і являє собою послідовність «1», після якої йде послідовність «0».

Використання масок дозволяє підвищити структурування мережі на декілька підмереж трафік яких взаємно ізольований, що підвищує їх захищеність. Крім того зовні вона виглядає як одна мережа класу А, В або С з адресою 8, 16 або 24 біти відповідно хоча вона складається з декількох підмереж, що захищає підмережі, оскільки зловмиснику тяжче потрапити в яку-небудь з підмереж.

Основним призначенням масок є розділення мережі на менші, ізольовані одні від одних. Накладаючи маску на свою мережу ми жертвуємо максимальною кількістю вузлів що можуть бути підключені на ізольованість менших мереж, на практиці це можна застосовувати для ізоляції інформації одного відділу від іншого. Кількість адрес доступних до використання визначається за формулою:

$N = 2^m - 2$ , де  $m$  – довжина маски (розмір отриманого префіксу)

Виятком є маска 255.255.255.255 (префікс 32), IP-адреса з такою маскою буде вказувати одразу на вузол. 2 адреси ми не враховуємо як адреси вузлів, оскільки перша адреса діапазону – адреса шлюзу (маршрутизатор), а остання адреса – широкомовна, при звертанні до неї всі вузли підмережі мислять відповісти.

В табл. 1 наведений приклад розділення мережі на підмережі (зі збільшенням префіксу з 16 до 18).

Оскільки адреса 136.10.0.0 – мережа класу В (префікс = 16), то накласти маску меншої довжини ми вже не можемо. В табл. 1 приклад з префіксом 18,

тобто ми виділили під маску ще 2 біти. На рис. 1 зображена маршрутизація отриманої мережі.

Таблиця 1 – розділення мережі

1 байт	2 байт	3 байт		4 байт	
Номер мережі		№ Підмережі	Адреси вузлів		
136	10				
10001000 . 10001000	00001010 . 00001010	00 . 11	000000 . 111111	00000000 . 11111111	Мережа: 136.10.0.0 Маска: 255.255.192.0
10001000 . 10001000	00001010 . 00001010	01 . 01	000000 . 111111	00000000 . 11111111	Мережа: 136.10.64.0 Маска: 255.255.192.0
10001000 . 10001000	00001010 . 00001010	10 . 10	000000 . 111111	00000000 . 11111111	Мережа: 136.10.128.0 Маска: 255.255.192.0
10001000 . 10001000	00001010 . 00001010	11 . 11	000000 . 111111	00000000 . 11111111	Мережа: 136.10.192.0 Маска: 255.255.192.0

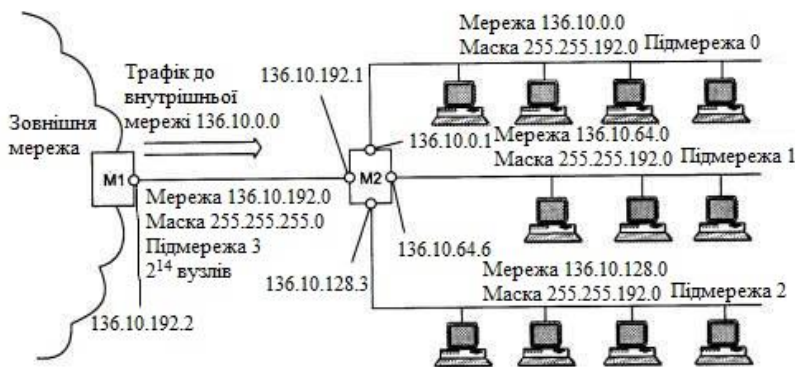


Рисунок 1 – Маршрутизація мережі з накладанням масок постійної довжини

Кількість підмереж при накладанні маски можна розрахувати за формулою:

$$K = 2^{n-l}, \text{ де } n - \text{старий префікс, } l - \text{новий префікс.}$$

Ми розділили 1 мережу 136.10.0.0 на 4 136.10.0.0, 136.10.128.0, 136.10.64.0, 136.10.192.0. Зовні вона все ще виглядає як єдина мережа, хоча вона й поділена.

Складанням IP та маски ми отримуємо адресу мережі. Відбувається побітове «І» по модулю 2. Наприклад:

136.10.80.5: 10001000.00001010.01010000.00000101

255.255.192.0: 11111111.11111111.11000000.00000000

||||

136.10.64.0: 10001000.00001010.01000000.00000000 Отримана адреса мережі

Це результат роботи логічного оператора «І». Згідно з нею збіги 1 та 1 дають 1 в результаті, в інших випадках 0. Це потрібно для подальшої маршрутизації в середині вашої підмережі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (5-е издание)/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер.: СПб - Вид -«Питер», 2016. – 991 с.
2. Буров Є.С. Комп'ютерні мережі/ Є.С.Буров.: СП «БаК», 1999. – 467 с.

УДК 004.72.056.52

Щекотихін О.В.<sup>1</sup>, Грачов М.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. РТ-817 ЗНТУ

## ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСОК ЗМІННОЇ ДОВЖИНИ

В даній роботі дослідженні маски змінної довжини та мета їх використання з позиції захисту інформації.

В теперішній час широко використовуються маски підмережі змінної довжини(variable-length subnet mask – VLSM). На відміну від масок постійної довжини технологія VLSM дозволяє структурувати мережу поділивши під мережі на різні розміри з надійно локалізованим трафіком у кожній під мережі. Це дозволяє проводити в кожній підмережі особливу політику безпеки, а також спростити діагностику та адміністрування системи.

Також, такий розділ мережі дозволяє сховати внутрішню структуру мереж від зовнішнього спостерігача, таким чином поліпшити рівень безпеки.

У порівнянні з масками постійної довжини маски змінної довжини мають краще захищену структуру системи. Доступ із зовні ускладнений завдяки варіативності масок наявних у підмережах. Таким чином

перехоплювачу потрібно підібрати більшу кількість масок щоб дістатися до захищеної мережі. Принцип роботи запропонованого методу показаний на рис.1 – 3.

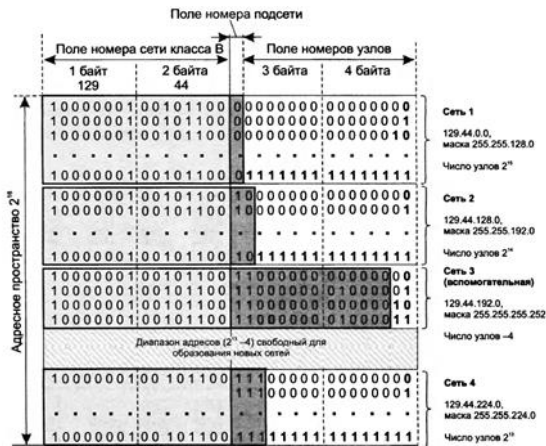


Рисунок 1 – Пример разделения адресного пространства

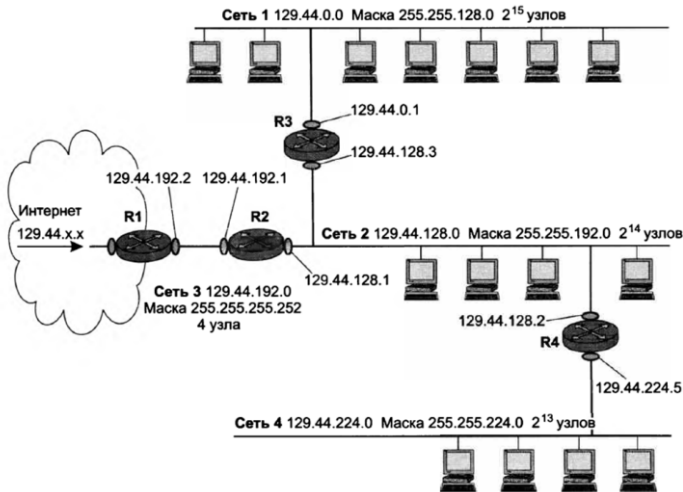


Рисунок 2 – Пример структуры сети

Адрес назначения	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
129.44.0.0	255.255.128.0	129.44.128.3	129.44.128.1	1
129.44.128.0	255.255.192.0	129.44.128.1	129.44.128.1	Подключена
129.44.192.0	255.255.255.248	129.44.192.1	129.44.192.1	Подключена
129.44.224.0	255.255.224.0	129.44.128.2	129.44.128.1	1
0.0.0.0	0.0.0.0	129.44.192.2	129.44.192.1	—

Рисунок 3 – Таблица маршрутизатора R2

Головна мета використання масок змінної довжини створити потрібний для роботи простір, а також ускладнити рівень доступу з боку зовнішнього середовища для злоумисника.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (5-е издание)/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер.: СПб - Вид -«Питер», 2016. – 991 с.
2. Буров Є.С. Комп'ютерні мережі/ Є.С.Буров.: СП «БаК», 1999. – 467 с.

УДК 004.056.53

Светлов М.К.<sup>1</sup>, Корольков Р.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. РТ-715 ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

## ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

З розвитком інформаційних технологій все більшою популярністю користуються системи обмеження доступу та ідентифікації особистості. Традиційні способи ідентифікації, такі як ключі або паролі, не забезпечують високий ступінь надійності ідентифікації, тому найбільш динамічно розвиваються системи біометричної ідентифікації. Головна особливість даного виду ідентифікації - впізнання об'єкта не по привласненім людині ідентифікаційним ознаками, а за фізіологічними властивостями або особливостям самої людини. В даний час найбільш актуальним методом є ідентифікація на основі розпізнавання облич.

Авторами даної роботи розглянуті сучасні алгоритми розпізнавання облич, відзначені їх переваги і недоліки.

Одними з найпоширеніших алгоритмів розпізнавання облич є [1]:

- алгоритм Eigenfaces – метод головних компонент;
- алгоритм Fisherfaces – лінійний дискримінантний аналіз;

- алгоритм Local Binary Patterns Histograms – гістограми локальних двійкових шаблонів.

Алгоритм Eigenfaces заснований на методі головних компонент [2]. Алгоритм Eigenfaces спочатку проектує всі навчальні приклади в підпростір аналізу головних компонент, потім проектує задану фотографію в цей підпростір, і далі відбувається пошук найближчих схожих ознак між тренувальними прикладами і початковою фотографією. Використання всього набору чисельних ознак в процесі розпізнавання облич може істотно уповільнити роботу алгоритму і знизити точність одержуваного рішення. Тому важливим для зниження розмірності в процесі вирішення задачі розпізнавання є отримання найбільш інформативних ознак.

Алгоритм Fisherfaces передбачає наявність безлічі фотографій при різних умовах освітленості у кожної персони в базі даних [3]. В основі алгоритму Fisherfaces лежить лінійний дискримінантний аналіз, який шукає проєкцію даних, при якій класи максимально лінійно віддільні. Лінійний дискримінантний аналіз зменшує розмірність, зберігаючи при цьому якомога більше дискримінаційної інформації про клас.

Алгоритм Local Binary Patterns Histograms (LBPН) заснований на застосуванні локальних бінарних шаблонів [4]. Алгоритм LBPН передбачає підсумовування локальних структур зображення шляхом порівняння кожного пікселя із суміжними. Зображення ділиться на  $n$  локальних областей, в кожній з яких виділяється центральний піксель і порівнюється із суміжними. Якщо інтенсивність суміжного пікселя більше або дорівнює інтенсивності центрального, то суміжний піксель позначається 1, в іншому випадку ставиться 0. Підсумкове бінарне число є локальним бінарним шаблоном. Шляхом конкатенації гістограм кожної локальної області може бути отримана загальна гістограма, що враховує як локальні, так і глобальні особливості зображення. На основі даної гістограми і проводиться розпізнавання обличчя.

Вибір алгоритму розпізнавання облич є важливим етапом при розробці систем ідентифікації. Вибір алгоритму розпізнавання залежить від таких факторів як точка огляду камери, зміни освітленості, впливу шумів на зображення [5].

1. Алгоритм Eigenfaces, показав стійкість до різного роду впливів на зображення, таку як зміна яскравості, контрастності і зашумлення зображення. Також даний алгоритм показав ефективне розпізнавання при положенні голови попереду, але ефективність даного алгоритму падала навіть при незначних поворотах і нахилах голови.

2. Алгоритм Fisherfaces, більш стійкий до зміни положення голови, відносно алгоритма Eigenfaces. Також даний алгоритм показав високий

рівень (близько 88%) розпізнавання в умовах високої яскравості зображення, але поганий (37%) при затемненні зображення.

3. Алгоритм Local Binary Patterns Histograms, показав найбільш точні результати по зміні положення голови серед розглянутих алгоритмів, проте даний алгоритм дуже чутливий до різного роду шумів на зображенні (розпізнавання впало до 0% навіть при незначному впливі), тому, використовуючи даний алгоритм, необхідно попередньо обробити зображення, і позбутися шумів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Современные биометрические методы идентификации // URL: [www.intuit.ru/](http://www.intuit.ru/).
2. Eigenfaces алгоритм // URL: <http://docs.opencv.org/>.
3. Fisherfaces алгоритм // URL: <https://intuit.ru/>.
4. Face Recognition with OpenCV // URL: <http://docs.opencv.org/>.
5. А.А. Фомин А.А. Трифонов. Исследование алгоритмов распознавания лиц на изображении // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. Электронный научный журнал. №1(34) - Муром, 2016.- 76-85с.

УДК 681.391

Щекотихін О.В.<sup>1</sup>, Карпуков Л.М.<sup>2</sup>, Савченко Д.К.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> проф. ЗНТУ

<sup>3</sup> асп. ЗНТУ

### **СПОСІБ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ У ВОЛЗ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ**

Розроблений спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) від несанкціонованого доступу належить до області передачі інформації у ВОЛЗ та може застосовуватись для захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу.

Найбільш близьким до запропонованого способу, що прийнято за прототип, є спосіб захисту інформації від несанкціонованого доступу у лініях зв'язку [1].

Вказаний спосіб полягає у тому, що виконується маскування інформаційного сигналу перед передачею по волоконно-оптичній лінії зв'язку, тобто забезпечується однакова форма заповнення кожної частини тактового інтервалу  $T$  як при передачі двійкового нуля, так і при передачі

двійкової одиниці, а на приймальній стороні виконуються зворотні перетворювальні дії.

Недоліком відомого способу є те, що хоча маскування інформації виконується як при передачі двійкової одиниці, так і при передачі двійкового нуля на сусідніх хвилях частотного плану WDM, але при використанні вузькохвильових фільтрів, налаштованих перший на хвилю нуля, а другий на хвилю одиниці, інформація може бути розшифрована.

В основу роботи поставлена задача розробки способу захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу з поліпшеними характеристиками, тобто з підвищеною захищеністю, надійністю та з покращеною якістю інформаційного сигналу на приймальній стороні, які досягаються шляхом технічних удосконалень.

Вирішення цього завдання досягається тим, що в засобі захисту інформації лінії зв'язку, який складається з перетворення аналогової інформації в цифрову, перетворення електричних сигналів в оптичні, розділення інформації, яку треба захистити, на дві або більше частин, кожна з яких, окрім першої, перетворюють на інші довжини хвиль, перша хвиля і всі перероблені хвилі мультиплекуються, маскуються також двійкові нулі, передавання яких відбувається заміною відсутнього в тактовому інтервалі  $T$  нульового посилення на посилення імпульсів відповідних двійковій одиниці, та виконуються такі ж перетворювальні дії як для двійкових одиниць, передавання отриманої інформації по волоконно-оптичній лінії зв'язку, а на прийальному кінці з інформацією виконують зворотні перетворювальні дії і подальшу її обробку відомими способами який відрізняється тим, що перед передаванням захищеної інформації по лінії зв'язку виконується додаткове її маскування, як при передаванні одиниці, так і нулів, шляхом використання технології щільного спектрального мультиплексування WDM, причому довжина хвиль з захищеною інформацією постійно змінюється за рівні інтервали часу. Або при маскуванні інформації частини часу змінюються кожного разу за нерівні інтервали по випадковому закону. Наявність постійної зміни довжини хвиль, на якій передається захищена інформація, суттєво підвищує її захищеність від НЗІ [2].

Запропонований спосіб захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичних лініях зв'язку дозволяє передавати інформаційні сигнали як двійкових нулів, так і двійкових одиниць в однаковій формі і постійно змінювати довжини хвиль на яких передається захищена інформація. При цьому досягається позитивний технічний результат – надійне маскування інформації, що передається у волоконно-оптичних лініях зв'язку та чітке її розпізнавання на приймальній стороні.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 123836 Україна, МПК Н 04 К 1/10, Н 04 В 10/25. Спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу [Електронний ресурс] / О. В. Щекотихін, Л.М. Карпуков, Д.К. Савченко, Т.В. Литовка; заяв. 26.09.2017; опуб. 12.03.2018, Бюл. № 5. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=245125>

2 Заява на патент №U201811856 Україна, МПК Н 04 К 1/10, Н 04 В 10/12 Н 04 К 1/100 Спосіб захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу [Електронний ресурс] / О. В. Щекотихін, Л.М. Карпуков, Д.К. Савченко; заявл. 30.11.2018. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchInvStat/showclaimdetails.php?IdClaim=315819&resId=1>

УДК 621.396.2:004.0565

Куцак С.В.<sup>1</sup>, Корольков Р.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> старш. викл. ЗНТУ

## ОЦІНКА ЗАХИЩЕНОСТІ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій та поява нових стандартів цифрового стільникового зв'язку значно розширили спектр послуг, які надаються мобільними мережами, починаючи з передачі голосової інформації і закінчуючи високошвидкісною пакетною передачею даних. Останні, використовуючи сучасні мобільні термінали (абонентські станції) і спеціальне програмне забезпечення, дають можливість користувачам повноцінно застосовувати їх для різного роду діяльності: ведення бізнесу (он-лайн покупки, банківські платежі), навчання, відео-конференції, ділові переговори тощо. При цьому важливо також зазначити, що надання нових послуг потребує впровадження нових механізмів та засобів захисту інформації.

В даній роботі проводиться аналіз захищеності найбільш поширених стандартів мобільного зв'язку, якими є GSM, UMTS та CDMA.

Аналіз вимог [1, 2] щодо забезпечення безпеки інформації дозволив визначити основні складові сучасної системи захисту мережі зв'язку: коректна тарифікація послуг, що надаються; конфіденційність персональних даних; конфіденційність потоку навантаження; моніторинг дій користувачів і функціонування мережі; захист ресурсів мережі; управління системою захисту.

В стандарті GSM можна виділити наступні механізми захисту:

- шифрування даних в радіоканалі: використовується криптосистема з відкритим ключем, що реалізується алгоритмом шифрування A8;
- автентифікація користувача: використовується модуль ідентифікації абонента (SIM-карта), персональні PIN- і PUK-код та алгоритм автентифікації абонента A3;
- перепризначення TMSI: міжнародний ідентифікатор абонента мобільного зв'язку (International Mobile Subscriber Identity – IMSI) для поточної роботи замінюється тимчасовим ідентифікатором TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), який присвоюється мобільному терміналу при його першій реєстрації у конкретному регіоні, що визначається ідентифікатором LAI (Location Area Identity), і анулюється при виході апарату за межі цього регіону;
- ідентифікація обладнання: використовується IMEI (International Mobile Equipment Identity – міжнародний ідентифікатор мобільного обладнання) – серійний номер мобільного пристрою, який встановлюється заводом-виробником та є унікальним для кожного мобільного телефону.

Для підвищення захищеності зв'язку в GSM також застосовуються: скремблери, криптофони, інвертори спектру, генератори шуму тощо.

Архітектура системи безпеки UMTS охоплює чотири компоненти:

1. Access domain security (Безпека доступу до домену).
2. Network domain security (Доменна безпека мережі).
3. User domain security (Доменна безпека користувача).
4. Application domain security (Доменна безпека додатків).

У відповідності зі специфікаціями 3GPP, можливості, що забезпечують безпеку для UMTS повинні захищати інформацію, ресурси та сервіси, вироблені або замінені, у всій мережі, від неправильного використання.

Основний механізм безпеки в UMTS базується на моделі безпеки GSM. Безпека включає в себе:

1. Поділ модуля абонента від терміналу.
2. Автентифікація.
3. Шифрування.
4. Конфіденційність ідентифікації абонента.
5. Перевірка терміналу.
6. Загрози безпеки в мережах 3G.

Криптографічні протоколи стандарту CDMA ґрунтуються на 64-бітному ключі автентифікації (A-key) і серійному номері мобільного терміналу – Electronic Serial Number (ESN). CDMA використовує стандартизований алгоритм шифрування CAVE (Cellular Authentication and Voice Encryption) для генерації 128 бітного підключа SSD (Shared Secret Data). Для автентифікації абонента в CDMA мережі використовується допоміжний ключ

SSD\_A генерований CAVE алгоритмом з A-key, ESN і RANDSSD (випадкове двійкове число). A-key може бути перепрошитий кількома способами: на заводі, дилером у точках продажу, абонентом через інтерфейс терміналу, а також за допомогою OTASP (Over the Air Service Provisioning – ефірна служба ініціалізації). OTASP забезпечує легкий спосіб зміни A-key мобільного терміналу на випадок появи в мережі двійника мобільного терміналу. Секретність A-key є найважливішою компонентою безпеки CDMA системи.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Величко В.В. Передача данных в сетях мобильной связи третьего поколения / В.В. Величко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 332 с.

2. Жуков С. Хакинг мобильных телефонов / Сергей Жуков. – М.: Бук-пресс, 2006. – 224 с.

УДК 681.391

Карпуков Л.М.<sup>1</sup>, Савченко Д.К.<sup>2</sup>, Щекотихін О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> проф. ЗНТУ

<sup>2</sup> асп. ЗНТУ

<sup>3</sup> доц. ЗНТУ

## **ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ У ВОЛЗ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ**

Пристрій відноситься до області передачі інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку та може застосовуватись для захисту конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу.

Запропонований пристрій захисту інформаційного сигналу від несанкціонованого доступу у волоконно-оптичних лініях зв'язку дозволяє передавати інформаційні сигнали як двійкових нулів, так і двійкових одиниць в однаковій формі. При цьому досягається позитивний технічний результат – надійне маскування інформації, що передається у волоконно-оптичних лініях зв'язку та чітке її розпізнавання на приймальній стороні.

Вирішення цієї задачі досягається тим, що виконується маскування інформаційного сигналу перед передачею по волоконно-оптичній лінії зв'язку шляхом додавання в схему генератора маскуючих сигналів, оптичних ліній затримки, мультиплексора та демультиплексора, а на приймальній стороні маскувальний сигнал відкидається та виконуються зворотні перетворювальні дії.

Пристрій працює наступним чином. Наприклад, необхідно безпечно, швидко та якісно передати конфіденційну інформацію від мікрофона, що

являє собою сигнал в аналоговій формі. В такому випадку виконуються наступні перетворювальні дії. В передавальному оптоелектронному модулі перш за все отримуємо інформацію у вигляді інформаційних сигналів  $I_{inf} RZ-1/4$ , що являються наслідком перетворення сигналів з аналогової форми в цифрову, а потім в оптичні та представляють собою набір двійкових одиниць і нулів. Одночасно в лінію за допомогою генератора маскувальних сигналів ГМС подаються маскувальні сигнали  $I_{mask}-1/4$  у вигляді одиниць, які замінили нулі. Обидва сигнали подаються відповідно на перший та другий входи логічного перемикаючого пристрою, та мають вихід з першого та другого виходів згідно з таблицею роботи логічного перемикаючого пристрою. Далі інформаційний сигнал  $I_{inf} RZ-1/4$  надходить на лазерний перетворювач оптичних сигналів в електричні Л1, потрапляє на транспондер Т1, затримується в оптичній лінії затримки ОЛЗ1 через два оптичні розгалужувачі ОР1 та ОР2, потім інформаційний сигнал потрапляє до мультимплексору. В свою чергу маскувальний сигнал  $I_{mask}-1/4$  має такі самі перетворювальні дії через лазерний перетворювач оптичних сигналів в електричні Л2, транспондер Т2, оптичну лінію затримки ОЛЗ2, що включає в себе два оптичні розгалужувачі ОР3 та ОР4. Після цих дії маскувальний сигнал  $I_{mask}-1/4$  потрапляє на мультимплексор, де сумується разом з інформаційним сигналом  $I_{inf} RZ-1/4$ , а потім отриманий сигнал через волоконно-оптичну лінію ОВ потрапляє на прийомний оптоелектронний модуль. В цьому модулі отриманий сигнал перш за все потрапляє на демультимплексор, де знову розділяється на два окремих сигнали – інформаційний та маскувальний. Одразу після проходження демультимплексору маскувальний сигнал  $I_{mask}-1/4$  відкидається, а інформаційний сигнал  $I_{inf} RZ-1/4$  потрапляє на оптичний фільтр ОФ, після чого затримується в оптичній лінії затримки ОЛЗ3 через два оптичні розгалужувачі ОР5 та ОР6. На виході отримуємо інформаційний сигнал в коді NRZ  $I_{inf} NRZ$  [1].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 132701 Україна, МПК Н 04 К 1/10, Н 04 В 10/25. Пристрій захисту інформації у волоконно-оптичних лініях зв'язку від несанкціонованого доступу [Електронний ресурс] / О. В. Щекотихін, Л.М. Карпуков, Д.К. Савченко, Т.В. Литовка; заявл. 30.08.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=256389&chapter=biblio>

## СЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА»

УДК 517.586

Мастиновський Ю.В.

проф. ЗНТУ

### ДЕЯКІ СПЕЦІАЛЬНІ ФУНКЦІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Узагальнення функції широко використовується у багатьох прикладних дослідженнях. До них відносяться такі спеціальні функції як гама-функція Ейлера  $\Gamma(t)$ , функції Беселя  $J_\nu(t)$  та дельта-функція  $\delta(t)$ .

Розглянуто означення цих функцій, їх основні властивості та застосування для розв'язання практичних задач. Особливу увагу приділено прикладам використання  $\delta$ -функції в фізиці та при створенні математичних моделей процесів з такими ідеалізаціями, як точкова маса, точковий заряд, миттєвий імпульс та ін. Дельта-функція формально визначається як неперервний лінійний функціонал у просторі диференційовних функцій. Вона запропонована англійським фізиком Діраком. За допомогою  $\delta$ -функції можна записати просторову густину фізичної величини (маса, електричний заряд, інтенсивність джерела тепла, сили тощо) зосередженою або прикладеною в одній точці. Прикладом застосування дельта-функції Дірака може служити задача про зіткнення двох тіл. Якщо на непорушене тіло налітає інше, то обидва тіла отримують прискорення і змінюють свою швидкість. Також,  $\delta$ -функція використовується у математичній фізиці при розв'язку задач, у які входять зосереджені величини та у багатьох інших випадках. Таким чином, дельта-функція є потужним математичним апаратом для опису складних фізичних процесів.

В якості використання  $\delta$ -функції в теорії ймовірностей розглянуто узагальнення поняття щільності розповсюдження на випадок дискретної випадкової величини та деякі інші питання.

УДК 519.6

Павелко О.О.<sup>1</sup>, Коротунова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. КНТ-228 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

### ФРАКТАЛИ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

На сьогодні фрактальна графіка є одним з найбільш перспективних видів комп'ютерної графіки. Фрактальна комп'ютерна графіка дозволяє

створювати абстрактні композиції, в яких можна реалізувати безліч прийомів: горизонталі і вертикалі, діагональні напрямки, симетрію і асиметрію та ін.

З точки зору машинної графіки, фрактальна геометрія незамінна при генерації штучних хмар, гір, поверхні моря. Фактично, завдяки фрактальному графіку, знайдений спосіб ефективної реалізації складних неевклідових об'єктів, образи яких дуже схожі на природні.

Математичною основою фрактальної графіки є фрактальна геометрія. Фракталом називається структура, що складається з частин, які в якомусь сенсі подібні цілому. Одним з основних властивостей фракталів є самоподібність. Об'єкт називають самоподібним, коли збільшені частини об'єкта походять на сам об'єкт і один на одного. В найпростішому випадку невелика частина фрактала містить інформацію про весь фрактал. У центрі фрактальної фігури знаходиться її найпростіший елемент – рівносторонній трикутник, який отримав назву «фрактальний». Потім, на середньому відрізку сторін будуються рівносторонні трикутники зі стороною, що дорівнює  $1/3$  сторони вихідного фрактального трикутника. В свою чергу, на середніх відрізках сторін отриманих трикутників, що є об'єктами-спадкоємцями першого покоління, будуються трикутники-спадкоємці другого покоління зі стороною  $1/9$  сторони вихідного трикутника. Таким чином, дрібні елементи фрактального об'єкта повторюють властивості всього об'єкта. Отриманий об'єкт носить назву «фрактальної фігури». Процес спадкування можна продовжувати до нескінченності. Таким чином можна описати і такий графічний елемент як пряма. Змінюючи і комбінуючи забарвлення фрактальних фігур, можна моделювати образи живої та неживої природи (наприклад, гілки дерева або сніжинки), а також складати з отриманих фігур «фрактальну композицію». Фрактальна графіка, так само як векторна і тривимірна, є обчислюваною. Її головна відмінність в тому, що зображення будується за рівнянням або системі рівнянь. Тому в пам'яті комп'ютера для виконання всіх обчислень нічого, крім формули, зберігати не потрібно. Тільки змінивши коефіцієнти рівняння, можна отримати зовсім інше зображення. Ця ідея знайшла використання в комп'ютерній графіці завдяки компактності математичного апарату, необхідного для її реалізації. Так, за допомогою декількох математичних коефіцієнтів можна задати лінії і поверхні дуже складної форми.

Фрактали можна поділити на три основні групи (відповідно до того, що лежить в їх основі, будь-то геометричні операції, формули чи певні дії з кольором): геометричні, алгебраїчні та стохастичні.

Фрактали геометричного типу будуються поетапно. Спочатку зображується основа, потім деякі частини основи замінюються на фрагмент. На кожному наступному етапі частини вже побудованої фігури, аналогічні

заміненими частинам основи, знову замінюються на фрагмент, взятий у потрібному масштабі. Кожного разу масштаб зменшується. Коли зміни стають візуально непомітними, вважається, що побудована фігура наближена до фракталу і дає уявлення про його форму.

Алгебраїчні фрактали будують на основі алгебраїчних формул, іноді досить простих. Вони виникають при дослідженні нелінійних динамічних систем (звідки й інша назва – динамічні фрактали).

Фрактали, що отримуються у випадку, якщо в ітераційному процесі випадковим чином замінити якісь з параметрів називаються стохастичними. При цьому отримуються об'єкти досить схожі на природні – несиметричні дерева, порізані берегові лінії тощо. Двовимірні стохастичні фрактали використовуються для моделювання рельєфу, ландшафтів, поверхні морів.

На даний момент розроблені алгоритми синтезу коефіцієнтів фрактала, що дозволяють відтворити копію будь-якої картинки скільки завгодно близькою до вихідного оригіналу за допомогою фрактальних графічних редакторів, зокрема – Painter, Art Dabbler і ін.

Компанією Iterated розроблений новий формат зображень "Sting", який поєднує в собі фрактальне і «хвильове» (таке як в форматі jpeg) стиснення без втрат. Новий формат дозволяє створювати зображення з можливістю подальшого високоякісного масштабування.

Схильність фракталів походити на гори, квіти і дерева експлуатується деякими графічними редакторами, наприклад фрактальні хмари з 3D studio MAX, фрактальні гори в World Builder. Фрактальні дерева, гори і цілі пейзажі задаються простими формулами, легко програмуються і не розпадаються на окремі трикутники і кубики при наближенні.

УДК 539.3

Коротунова О. В.<sup>1</sup>, Нечипоренко Н.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

## **ПРО ЧИСЕЛЬНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗАДАЧ РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ**

При експлуатації авіаційних, суднобудівних, нафтових і газотранспортних конструкцій, що складаються з багат шарових елементів, спостерігаються значні енергетичні навантаження, які можуть призвести до деяких руйнівних ефектів. Серед них можна виділити локальне розшарування – відділення одного шару від іншого, і, можливо, часткове відновлення і зміна контактних характеристик у майбутньому.

При оцінці надійності роботи таких конструкцій надзвичайно важливо проаналізувати якісні закономірності, фізичні та геометричні параметри утворення розділових областей шарів циліндричної конструкції.

Для розв'язання задач комп'ютерного моделювання вищезазначених систем і процесів запропоновано метод і алгоритм чисельного аналізу, що дозволяє визначити і реалізувати в обчислювальному процесі різні типи локальних умов контакту (жорсткий контакт, ковзання і відсутність контакту). В зв'язку з тим, що концентрації напружень у вищевказаних системах пов'язані з характером поширення пружних хвиль, запропонований алгоритм заснований на застосуванні методу просторових характеристик рівнянь математичної моделі.

Для розрахунку використовувалася двокрокова процедура. На першому етапі в певній точці на поверхні з'єднання шарів визначається тип контакту, а на другому етапі реалізуються умови контакту. Контроль за відновленням контакту виключає можливість взаємного проникнення шарів.

В якості розрахункової моделі була розглянута конструкція, яка складається з кусочно-однорідних лінійно пружних ізотропних циліндрів з різними зовнішніми діаметрами і товщинами стінок.

УДК 519.62

Гальченко В.В.<sup>1</sup>, Коротунова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. КНТ-228 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

## **МОДЕЛЮВАННЯ РЕАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИМИ РІВНЯННЯМИ**

Математичне моделювання – метод дослідження процесів або явищ шляхом створення математичних моделей і дослідження цих моделей [1].

Вислів Ньютона: «закони природи виражаються диференціальними рівняннями» не втратив своєї актуальності і до теперішнього часу. Під час розв'язування багатьох практичних задач доводиться знаходити невідому функцію  $y(x)$  з рівняння, яке містить поряд з цією невідомою функцією її похідні.

Диференціальні моделі широко використовуються в різних галузях науки і техніки для опису динамічних процесів, для моделювання реальних систем, що залежать від часу, зокрема для опису та дослідження економічних і біологічних систем.

Екологія вивчає взаємовідносини людини й живих організмів у загалі з навколишнім середовищем. Основним об'єктом дослідження в екології є



еволюція популяцій (сукупності одного виду рослин, тварин, мікроорганізмів, що населяють тривалий час певну територію).

Математично процес розмноження чи вимирання популяцій описується наступним чином. Нехай  $x(t)$  – кількісний стан популяції в момент  $t$ ;  $A$  – кількість народжених,  $B$  – вмираючих за одиницю часу. Тоді швидкість зміни координати  $x(t)$  задається формулою

$$\frac{dx}{dt} = A - B, \quad (1)$$

В рівнянні (1)  $A$  і  $B$  можуть залежати від  $x$ . Наприклад,

$$A = ax, B = bx, \quad (2)$$

де  $a$  – коефіцієнт народжуваності,  $b$  – смертності. Підставляючи (1) в (2):

$$\frac{dx}{dt} = (a - b)x. \quad (3)$$

Розв'язок диференціального рівняння (3) записується у вигляді

$$x(t) = x_0 e^{(a-b)(t-t_0)}, \quad (4)$$

де  $x(t_0) = x_0$  – кількісний стан популяції в початковий момент  $t_0$ . З розв'язку (4) видно, що при  $a > b$  популяція виживає, а при  $a < b$  – вмирає.

В біології за допомогою диференціального рівняння можна описати, наприклад, процес залежності площі  $S$  листка, що має форму круга, від часу  $t$ .

Відомо, що швидкість зміни площі  $\frac{dS}{dt}$  у момент  $t$  пропорційна площі листка,

довжині його контуру та косинуса кута між падаючим на листок сонячним променем і вертикаллю листка. Маємо модель:

$$\frac{dS}{dt} = k \cdot S \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot \cos \varphi(t), \quad (5)$$

де  $\varphi(t) = at + b \geq 0$ ,  $a, b$ , – const,  $\varphi \leq \pi$ ,  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Розв'язуючи рівняння (5), отримаємо залежність

$$S(t) = \left( c + \frac{k}{2a} \cdot \sin(at + b) \right)^{-2}, \quad (6)$$

де  $c$  – довільна стала.

Широке поширення отримали диференціальні моделі в економіці. Наприклад, модель макроекономічної динаміки Харрода-Домара. Ця модель описує динаміку доходу, що розглядається як сума споживання та інвестицій. Модель економічного зростання Солоу описує нелінійну виробничу функцію, яка залежить від динаміки трудових ресурсів та технічного прогресу. Модель ринку встановлює закономірність зміни ціни так, щоб між попитом і пропозицією була рівновага.

Взагалі, моделювання динамічних моделей є актуальним напрямком [2]. Неперервний час зручніший для моделювання, оскільки дозволяє використовувати апарат диференціального числення й диференціальних рівнянь.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Гаращенко, Ф.Г. Диференціальні рівняння для інформатиків [Текст]: підручник / Ф.Г. Гаращенко, В.Т. Матвієнко, І.І. Харченко. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. – 352 с.

2. Фельдман, Л. П. Чисельні методи в інформатиці [Текст]: підручник/ М. З. Згуровський, Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва – К.: Вид. група BHV, 2006. – 480 с.

УДК 519.65

Лактіонов В.В.<sup>1</sup>, Коротунова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. КНТ-228 ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

## **ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНОЇ АЛГЕБРИ В ОБРОБЦІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Обробка сигналів зображення здійснюється для зміни якості зображень, для забезпечення зображення новими характеристиками, для аналізу інформації, що міститься в зображенні, та для зменшення потоку сигналу, що передує передачі або запису сигналів зображення.

Зображення можна поділити на два класи: статичний і динамічний. Незалежно від типу зображень, весь спектр принципів і методів обробки зображень можна розділити на такі області: відновлення та поліпшення зображення, аналіз зображень (розпізнавання зображень і аналіз сцени), синтез зображень, створення відео-ефектів у кіно, телебаченні та інших видах

місцества, кодування сигналів зображення для зменшення потоків сигналу [1].

В сучасних інформаційних системах зображення в першу чергу передаються, зберігаються і оброблюються в цифровій формі, але первинні зображення в основному існують у вигляді безперервних двовимірних полів поширення яскравості і кольору. Отже, перетворення первинних зображень в цифрові сигнали є необхідною операцією при використанні цифрової обробки, передачі і зберігання. Це перетворення складається з двох процедур, які виконуються одночасно. Перша полягає в заміні безперервного зображення на набір дискретних елементів і називається дискретизацією, а друга замінює безперервний розподіл яскравості і кольору кількома квантовими значеннями для кожного пікселя і називається квантуванням.

Зображення можна визначити як двовимірну функцію  $f(x, y)$ , де  $x$  і  $y$  – координати в просторі (конкретно на площині) і значення  $f$  якої в будь-якій точці, що задається парою координат  $(x, y)$ , називається інтенсивністю. Якщо величини  $x$ ,  $y$  і  $f$  приймають кінцеве число дискретних значень, то говорять про цифрове зображення. Отже, з математичної точки зору цифрове зображення – це матриця значень функції  $f(x, y)$  яскравості на дискретній сітці розміром  $M \times N$ , тому для обробки зображень дуже зручно використовувати матричні перетворення.

Розрізняють три основних види матричних перетворень, а саме: поворот, розтягування (стиснення), та відображення:

Розглянемо поворот на кут  $\alpha$  :

$$T = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x^* = \cos \alpha \cdot x - \sin \alpha \cdot y \\ y^* = \sin \alpha \cdot x + \cos \alpha \cdot y \end{cases}, \quad (1)$$

Матрицею повороту називається ортогональна матриця  $T$ , яка використовується для виконання власного ортогонального перетворення (1) в евклідовому просторі.

При множенні будь-якого вектору на матрицю повороту довжина вектору зберігається. Визначник матриці повороту дорівнює одиниці.

Тепер розглянемо розтягування:

$$T = \begin{pmatrix} d_1 & 0 \\ 0 & d_2 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x^* = d_1 \cdot x \\ y^* = d_2 \cdot y \end{cases}, \quad (2)$$

Перетворення (2) полягає в множенні відповідних координат точок на коефіцієнти масштабування  $d_1$ ,  $d_2$  по осях.

Щодо відображення відносно осі абсцис:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x^* = x \\ y^* = -y \end{cases}, \quad (3)$$

Відображення (3) полягає в множенні координати  $y$  на  $-1$ .

Отже, обробка цифрових зображень важлива для індустрії. Так як з математичної точки зору цифрове зображення – це матриця значень функції  $I(x, y)$  яскравості на дискретній сітці розміром  $M \times N$ , тому матрична алгебра широко застосовується в задачах обробки цифрових зображень. Вона дозволяє легко робити такі перетворення, як поворот, розтягування та відображення [2].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
2. Дробик, О.В. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах [Текст]: навчальний посібник / О.В. Дробик, В.В. Кідалов, В.В. Коваль, Б.Я. Костік, В.С. Лазебний, Г.М. Розорінов, Г.О. Сукач. – К.: Наукова думка, 2008. – 144 с.

УДК 338.26

Щербина О.А.<sup>1</sup>, Шишканова Г.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асист. ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

## ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ

Українська економіка починає більше орієнтуватися на інформаційно-комунікаційну сферу господарювання. У наслідок стрімкого розвитку інформаційних технологій Інтернет став невід'ємною частиною комерційної діяльності підприємств, тим самим змінивши спосіб ведення бізнесу і здійснивши перехід звичних ринків у формат інтернет-ринку, що сприяв появі електронної комерції. Можливості інтернет-технологій дозволяють раціоналізувати ділові процеси, підвищити їх продуктивність і ефективність. Ринок електронної комерції в Україні продовжує розвиватися, незважаючи на

економічну нестабільність і кризове становище країни. Про це свідчить відкриття нових інтернет-магазинів та їхня стабільність. Протягом останніх кількох років ринок електронної комерції в Україні зростає з темпом 40 – 45% на рік та має досить великий потенціал. За оцінками експертів, у 2019 році обсяг ринку електронної комерції нашої країни становитиме приблизно 4,4 млрд. дол.. Даний факт зумовлює актуальність вивчення перспектив ринку електронної комерції та можливості її використанні для бізнесу, де вкрай актуальним є пошук шляхів економічного використання ресурсів підприємства і збільшення ефективності бізнесу.

Наразі в Україні налічується 21,9 млн. користувачів Інтернету, що складає близько 58% населення. Такий показник є дуже слабким для Європейської країни. Аналогічне значення для країн ЄС-28 складає 81,5%. Варто також зазначити, що серед українців все ще досить мало покупців онлайн. За даними UADM та Ecommerce Foundation у 2015 році налічувалося лише 3,7 млн таких покупців, що становить 8,4% від усього населення та середні витрати на одного склали 286 євро. Аналогічне середнє значення для Європи склало 43% та витрати у 1 540 євро.

Важливою тенденцією на даний момент є те, що темпи зростання розвинутих ринків спадають у той час як значних темпів набирають Південно- і Східно-Європейські ринки. Україна посідає перше місце за зростанням у 2018 році порівняно з 2017 серед усіх Європейських країн з показником у 34,9%. Крім того, середній темп приросту з 2016 по 2017 роки склав 37,2%, що є найвищим показником серед країн Східної Європи.

В умовах анонсованого Єдиного Цифрового Ринку Європи, де Україна має потенціал до участі, підприємці мають бути готові до задоволення потреб вибагливого закордонного споживача. Наразі конкурентні позиції України згідно міжнародних рейтингів є незадовільні, але вже існує розуміння проблемних питань і необхідних кроків для їх вирішення. В комплексі вони сприятимуть іміджу України як торговельного партнера, та збільшенню потоку товарів та послуг через кордон.

УДК 338.26

Шишканова Г.А.

канд. физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

## **МАРКЕТИНГ У ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ**

Інтернет-маркетинг як напрямок практичної діяльності підприємств, з одного боку, і, як об'єкт емпіричних і теоретичних досліджень, з іншого боку, є відносно новим явищем для більшості розвинених країн світу. Виникнувши

в середині 90-х рр., Інтернет-маркетинг стає одним з основних інструментів маркетингової діяльності підприємств в даний час і, отже, викликає адекватну інтерес серед дослідників. В Україні рівень використання інтернет-маркетинг залишається на відносно низькому рівні, однак, як в нашій країні, так і в країнах «ближнього зарубіжжя» все частіше з'являються наукові публікації на цю тему.

Питання формування і здійснення стратегій в маркетингу, в тому числі, інтернет-маркетингу, являє собою одну з ключових завдань управління. Саме від того, наскільки розроблена і здійснена стратегія, буде залежати успішність комерційної діяльності організації. Парадоксально, але, незважаючи на важливість даного явища серед вчених і фахівців-практиків, не існує єдиного підходу до визначення стратегії маркетингу. Деякі розуміють під стратегії маркетингу визначення цілей, інші - спосіб їх досягнення. Ряд авторів розуміє стратегії маркетингу вузько функціонально на рівні відділу маркетингу, інші ж підтримують точку зору, що будь-яка стратегія на рівні підприємства, так чи інакше, відноситься до маркетингу і становищу компанії на ринку.

При аналізі інтернет-маркетингу та електронного бізнесу більшість дослідників використовує категорію «моделі». Частина авторів розглядають її як аналогію стратегії. Інші визнають, що між зазначеними категоріями є певні відмінності. Дослідники також не сходяться в думці щодо елементів представляють собою зміст моделі.

Таким чином, можна відзначити, що виникають термінологічні невідповідності є об'єктивним наслідком раннього етапу розвитку інтернет-маркетингу.

Вкрай висока мінливість середовища інтернет-маркетингу є серйозною проблемою для розробки і подальшого впровадження стратегії інтернет-маркетингу. Основне протиріччя – це досягнення довгострокового конкурентної переваги в умовах швидкоплинності інтернет-середовища. Саме це і змушує більшість інтернет-компаній створювати гнучкі бізнес-процеси, системи управління або розробляти унікальні важко відтворювані конкурентами ресурсні системи і стратегії інтернет-маркетингу. Все це обумовлює, з одного боку, велика кількість нових компаній, що виходять на інтернет-ринки і, з іншого боку, велика кількість банкрутств або комерційної діяльності з негативними показниками прибутку.

## АНАЛІЗ ОДНОГО ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ

В поточному році на III турі Всеукраїнської олімпіади з фізики [1] серед інших було запропоновано задачу про розрядний струм конденсатора. З незначними змінами її умова така. До джерела сталої ЕРС  $\varepsilon$  через резистор опором  $R$  вже протягом великого часу під'єднано конденсатор початковою ємністю  $C_0$  і відстанню між пластинами  $d_0$ . Одна з пластин починає рухатись зі швидкістю  $v$  в напрямку збільшення відстані між пластинами. Знайти струм в ланцюгу.

Авторський розв'язок не враховує перехідного процесу [2] і задовільним вважатись не може. Побудуємо і проаналізуємо альтернативний розв'язок.

Нехай заряд конденсатора є шуканою функцією часу  $Q(t)$ . За умовою перед початком руху пластини пройшло багато часу, попередній перехідний процес закінчено, струм в ланцюгу не тече, напруга на конденсаторі дорівнює ЕРС джерела, і тоді  $Q(0) = C_0 \varepsilon = Q_0$ .

Напруженість поля, створюваного однією пластиною, дорівнює  $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{Q(t)}{2\varepsilon_0 S} = \frac{Q(t)}{2C_0} \cdot \frac{1}{d_0}$ . За умови однорідності поля кулонівська сила взаємодії пластин  $F = QE = \frac{Q^2}{2C_0} \cdot \frac{1}{d_0}$ . Для рівномірного руху зовнішня сила повинна компенсувати кулонівську. Тоді миттєва потужність зовнішньої сили  $P = Fv = \frac{Q^2}{2C_0} \cdot \frac{v}{d_0}$ . За законом збереження енергії сума цієї потужності і потужності сторонніх сил джерела врівноважується сумою теплової (джоулевої) потужності і швидкості  $\dot{W}$  приросту енергії електричного поля конденсатора. Тому баланс потужностей має вигляд  $\frac{Q^2}{2C_0} \cdot \frac{v}{d_0} + \varepsilon \dot{Q} = \dot{Q}^2 R + \dot{W}$ .

Маємо рівняння  $\dot{W} = \frac{d}{dt} \left( \frac{Q^2(t)}{2C(t)} \right) = \frac{Q\dot{Q}}{C} - \frac{Q^2\dot{C}}{2C^2} = \frac{Q\dot{Q}}{C_0} \left( 1 + \frac{vt}{d_0} \right) + \frac{Q^2}{2C_0} \cdot \frac{v}{d_0}$ , у

якому враховано, що  $C(t) = \frac{\varepsilon_0 S}{d(t)} = \frac{\varepsilon_0 S}{d_0 + vt} = \frac{\varepsilon_0 S}{d_0} \cdot \frac{d_0}{d_0 + vt} = C_0 \cdot \frac{d_0}{d_0 + vt}$ . Тоді

$$\varepsilon = \dot{Q}R + \frac{Q}{C_0} \left( 1 + \frac{vt}{d_0} \right). \quad (1)$$

Зокрема, при  $v = 0$  ми б отримали рівняння  $\varepsilon = U_R + U_C$  першого закону Кірхгофа, яке зазвичай використовують при дослідженні перехідних процесів в  $RC$ -ланцюгах [2]. Зауважимо також, це рівняння набуває вигляду (1) і при безпосередньому врахуванні залежності  $C(t)$ , але попередні міркування підкреслюють його узгодження з законом збереження енергії.

Рівняння (1) є лінійним неоднорідним звичайним диференціальним рівнянням першого порядку зі змінними коефіцієнтами. Його аналітичний розв'язок може бути отриманим, наприклад, методом Бернуллі

$$Q(T) = e^{-\left(\frac{T}{\tau_0} + \frac{T^2}{2\tau_0\tau_1}\right)} \left( Q_0 + \frac{\varepsilon}{R} \int_0^T e^{\left(\frac{t}{\tau_0} + \frac{t^2}{2\tau_0\tau_1}\right)} dt \right), \quad \tau_0 = RC_0, \quad \tau_1 = \frac{d_0}{v}. \quad (2)$$

Зокрема, при  $v = 0$  ( $\tau_1 \rightarrow +\infty$ ) маємо  $Q(T) = C_0\varepsilon + (Q_0 - C_0\varepsilon)e^{-T/\tau_0} \equiv C_0\varepsilon$  згідно до початкових умов. Звичайно, результат (2) має місце лише для таких моментів часу, коли відстань  $d_0 + vt$  є настільки малою, що конденсатор ще залишається плоским.

Відповідь задачі виникає при диференціюванні (2):  $I(T) = \dot{Q}$ . Слід зауважити, що інтеграли в (2) не виражаються у вигляді комбінації скінченної кількості елементарних функцій. Але відповідь вдається отримати аналітично принаймні для моменту  $T = 0$ ; вона має вигляд  $\dot{Q}(0) = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{Q_0}{RC_0}$ .

При виконанні початкової умови отримуємо  $\dot{Q}(0) = 0$ .

Подальше дослідження є достатньо громіздким, оскільки його результат залежить від співвідношення моменту  $T$  і двох незалежних сталих часу  $\tau_0$ ,  $\tau_1$ . Втім, це вже є технічною задачею.

Висновки. В роботі поставлено і розв'язано задачу про розрядний струм конденсатора змінної ємності з урахуванням перехідних процесів. Виявлено дві незалежних сталі часу. Подальший аналіз залежить від їх співвідношення.

Наголошується також на необхідності більш ретельно ставитись до підбору задач учнівських олімпіад.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Олімпіади в Запорозжській області [Ел. ресурс]. – Ел. дані. – Режим доступу : <https://olymp.zp.ua/ru/archive/5c2385e73fc11c58b889c89e>



2. Переходные процессы в линейных электрических цепях [Ел. ресурс].  
– Ел. дані. – Режим доступу : <http://model.exponenta.ru/electro/0060.htm>

УДК 539.3

Пожуєва І.С.<sup>1</sup>, Левицька Т.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СКЛАДНИХ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Динаміка оболонок, взаємодіючих із пружними інерційними середовищами, є однією з важливих задач механіки деформованого твердого тіла, що пов'язане із широким використанням конструкцій подібного виду в сучасній космічній і авіаційній техніці, суднобудуванні, будівництві інженерних споруджень. Зокрема, шаруваті оболонки широко використовуються для звуко- і віброізоляції, а оболонки із заповнювачем є найважливішим елементом твердопаливних реактивних двигунів, часто для зміцнення конструкцій використовуються додатково ребра жорсткості.

У даній роботі побудовано математичні моделі й проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану взаємодії циліндричних оболонок з однорідними заповнювачами, з спрямовано-армованими композитами, а також оболонок, додатково зміцнених ребрами жорсткості. Розроблено алгоритми розрахунку динамічного напружено-деформованого стану, які реалізовані у вигляді програм розрахунку на ЕОМ конкретних оболонок. При цьому основна увага приділена розвитку алгоритмів, що дозволяють проводити розрахунки для моментів часу, близьких до початку навантаження (перехідні процеси), оскільки саме в цей час визначається значення коефіцієнта динамічності. Основна увага приділялася побудові різного роду математичних моделей взаємодії тонкостінної конструкції із пружним тілом (заповнювачем) при можливо більш точному урахуванні механізму взаємодії, а також розробці методів розв'язання рівнянь у часткових похідних, отриманих при такому моделюванні.

Розглянуто нестационарне поведінка циліндричних оболонок, взаємодіючих з однорідним заповнювачем і спрямовано-армованими композитами при опису руху тонкостінної конструкції уточненими рівняннями з урахуванням поперечного зсуву й інерції обертання (типу Тимошенко) і використанні для заповнювача як однорідного, так і для кожного із шарів матриці й армування динамічних рівнянь теорії пружності. Також зроблено розрахунок напружено-деформованого стану нескінченно

довгої оболонки, підкріпленої  $L$  нескінченно довгими шпангоутами, паралельними її осі, уздовж яких рухаються з однаковою постійною швидкістю нормальні навантаження. Тиск передається тільки через балки. Враховується дискретність розташування шпангоутів шляхом запису для них рівнянь руху балок з задоволенням умовам сполучення.

Задача полягає в спільному інтегруванні рівнянь руху всіх частин конструкції при виконанні граничних умов для жорсткого контакту.

Для інтегрування рівнянь руху конструкції зроблено перехід до безрозмірних змінних й застосовано комплексне перетворення Фур'є, перетворення Лапласу й розкладання потенційних функції в ряди Фур'є. Після чого було отримано вирази для тензора переміщення й напруги в просторі зображень із врахуванням всіх граничних умов. Зворотний хід алгоритму здійснювався після того, як до отриманої системи рівнянь за допомогою умов сполучення було підключено рівняння руху шпангоутів, які були отримано після застосування перетворення Фур'є. Розв'язуючи систему для визначення коефіцієнтів, було знайдено трансформанти напружено-деформованого стану в будь-якій точці оболонки, композита й шпангоутів. Остаточний розв'язок задачі зводиться до обчислення зворотного перетворення Фур'є, що було зроблено чисельно, методом зміщених поліномів Лежандра.

Чисельні розрахунки проводилися для випадку навантаження виду  $F=F_0\delta(x)$ , де  $\delta(x)$  - дельта-функція Дірака. У ході чисельних експериментів встановлено верхню межу й крок інтегрування при чисельному оберненні перетворення Фур'є. Побудовано картини напружено-деформованого стану для різних фізичних і геометричних характеристик конструкцій, які показали надійність запропонованого підходу. З аналізу отриманих результатів зроблено висновки про час встановлення процесу в нестационарних задачах, про вплив числа армувань і шпангоутів, а також їх механічних і геометричних параметрів на характер динамічного напружено-деформованого стану складених елементів конструкції.

УДК 519.1:004.056.55

Пожуєва І.С.<sup>1</sup>, Левченко А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. КНТ-528 ЗНТУ

## АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ У КРИПТОГРАФІЇ

Задача дискретного логарифмування є однією з основних задач, на яких базуються асиметричні алгоритми шифрування. Головним досягненням

асиметричного шифрування є те, що воно дозволяє людям, що не мають наперед наявної домовленості про безпеку, обмінюватися секретними повідомленнями. Необхідність відправникові й одержувачеві погоджувати таємний ключ по спеціальному захищеному каналу цілком відпала. Також на асиметричних алгоритмах шифрування базується електронний цифровий підпис, що дозволяє підтвердити авторство електронного документа та має високу надійність через велику складність підробки.

В даній роботі нами розглядається задача дискретного логарифмування в кільці класів рівності за модулем простого числа. Нехай маємо рівняння:

$$3^x \equiv 13 \pmod{17}. \quad (1)$$

Будемо вирішувати задачу методом перебору. Випишемо таблицю всіх степенів числа 3. Кожен раз ми обчислюємо залишок від ділення на 17.

$$\begin{aligned} 3^1 &\equiv 3 & 3^2 &\equiv 9 & 3^3 &\equiv 10 & 3^4 &\equiv 13 & 3^5 &\equiv 5 & 3^6 &\equiv 15 & 3^7 &\equiv 11 & 3^8 &\equiv 16 \\ 3^9 &\equiv 14 & 3^{10} &\equiv 8 & 3^{11} &\equiv 7 & 3^{12} &\equiv 4 & 3^{13} &\equiv 12 & 3^{14} &\equiv 2 & 3^{15} &\equiv 6 & 3^{16} &\equiv 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Тепер легко побачити, що розв'язком розглянутого рівняння є  $x=4$ , оскільки  $3^4 \equiv 13$ . На практиці модуль як правило є досить великим числом, і метод перебору є занадто повільним, тому виникає потреба в більш швидких алгоритмах. Розглянемо алгоритми розв'язання у кільці лишків за простим модулем, як приклад, візьмемо рівняння:

$$a^x \equiv b \pmod{p}, \quad (3)$$

де  $p$  — просте,  $b$  не ділиться на  $p$ .

Якщо  $a$  є твірним елементом групи  $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ , то рівняння (3) має розв'язок за будь-яких  $b$ . Такі числа  $a$  ще відомі як первісні корені, і їх кількість дорівнює  $\phi(p)=p-1$ , де  $\phi$  — функція Ейлера.

Розв'язок рівняння (3) можливо знайти за формулою

$$x \equiv \sum_{i=1}^{p-2} (1 - a^i)^{-1} b^i \pmod{p}. \quad (4)$$

Проте, складність обчислення за цією формулою гірше за складність перебору.

Також існує безліч інших алгоритмів для вирішення задачі дискретного логарифмування у полі лишків, але поліноміального алгоритму для розв'язання цієї задачі поки не існує. Інші алгоритми розв'язання заведено розділяти на експоненціальні й субекспоненціальні. Наприклад, алгоритми Шенкса, Поліга-Геллмана та  $\rho$ -метод Поларда мають експоненціальну

складність, а алгоритми Адлемана і COS мають субекспоненціальну складність.

Як висновок, необхідно зазначити, що криптостійкість криптосистем, що базуються на дискретному логарифмуванні, ґрунтується на імовірно високій обчислювальній складності звернення показникової функції. Хоча сама показникова функція обчислюється досить ефективно, навіть найсучасніші алгоритми обчислення дискретного логарифма мають дуже високу складність, яка порівнянна зі складністю найшвидших алгоритмів розкладання чисел на множники.

Інша можливість ефективного вирішення задачі обчислення дискретного логарифма пов'язана з квантовими обчисленнями. Теоретично доведено, що за допомогою алгоритму Шора дискретний логарифм можна обчислити за поліноміальний час. У будь-якому випадку, якщо поліноміальний алгоритм обчислення дискретного логарифма буде реалізований, це буде означати практичну непридатність криптосистем на його основі для довготривалого захисту даних.

УДК 338.1:512.64

Пожуєва І.С.<sup>1</sup>, Нікішов В.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр. КНТ-618 ЗНТУ

## **РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДЕЛІ ЛЕОНТЬЄВА**

Одним з найкращих прикладів використання лінійної алгебри в економіці є модель міжгалузевого балансу Леонтьєва, яка використовується для розв'язування сучасних задач в економіці. Сутність методу полягає у визначенні валового випуску галузей за заданим кінцевим попитом на основі даних про технологічні можливості, які втілені у коефіцієнтах прямих витрат.

Нехай весь виробничий сектор складається з  $n$  чистих галузей, і відповідно існує різних  $n$  продуктів. В процесі виробництва кожна галузь використовує продукцію інших галузей.

Отримаємо рівняння, яке показує як витрачається кожен продукт для всього господарства загалом та рівняння витрат ресурсів на виробництво продукту для загальнонаціонального господарства:

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} + \sum_{j=1}^n v_j.$$

де  $x_{ij}$  — обсяг продукту  $i$ -тої галузі, витраченого  $j$ -тою галуззю у виробничому процесі;  $x_i$  — загальний обсяг продукту  $i$ -тої галузі;  $y_i$  — обсяг продукту  $i$ -тої галузі що не використовується для виробництва, тобто йде у кінцеве споживання;  $v_j$  — додана вартість  $j$ -тої продукції (прибуток, амортизація, податки, зарплата за наймом тощо).

Щоб побудувати модель, припускаємо, що  $x_{ij}$  залежить від обсягу виробництва:  $x_{ij} = \varphi(x_{ij})$ .

У найпростішій моделі припускають лінійну залежність між витратами та обсягом виробництва:  $x_{ij} = a_{ij}x_j$ . Коефіцієнт  $a \geq 0$  називається коефіцієнтом прямих виробничих витрат. Система рівнянь балансу приймає вигляд:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i, i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

Позначимо

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T; y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T, \quad (3)$$

$A = \{a_{ij}\}_1^n$  — квадратна матриця коефіцієнтів прямих виробничих витрат (технологічна матриця). Тоді міжгалузевий баланс можна записати матричним рівнянням, яке і є моделлю Леонтьєва

$$x = Ax + y, x \geq 0. \quad (4)$$

Рівняння може приймати вигляд  $y = x - Ax$ , якщо необхідно розрахувати обсяг кінцевого споживання за відомим об'ємом валового випуску та  $x = (E - A)^{-1} \cdot y$ , якщо необхідно розрахувати обсяг валового випуску за відомим об'ємом кінцевого споживання.

Розглянемо використання цієї моделі на практиці. Нехай, наприклад, є три взаємопов'язані галузі. Таблиця міжгалузевих зв'язків містить дані балансу трьох галузей промисловості за деякий період (умов. грош. од.). Треба знайти необхідний обсяг валового випуску продукції кожної галузі, якщо кінцевий продукт споживання по галузях збільшити відповідно до 200, 100, 100 одиниць.

Скориставшись моделлю, був отриманий такий результат: валовий випуск у першій галузі треба збільшити на 101,39 ум. од., у другій галузі – на 32,39 ум. од., у третій галузі – на 36,33 ум. од.

Таблиця 1 – Міжгалузеві зв'язки

Галузь виробництва	Споживання			Кінцевий продукт	Запланований валовий випуск
	Енергетика	Металургія	Машинобудування		
Енергетика	5	40	30	125	200
Металургія	10	10	25	55	100
Машинобудування	17	5	3	75	100

Як ми можемо бачити, застосування моделі на практиці показує гарні результати. Застосовувавши матричне рівняння до економіки якоїсь країни, можна описати всі взаємозв'язки між її галузями.

Найбільшою перевагою цього методу є системність. Будь-які зміни у випуску одного сектора знайдуть відображення у всій регіональній економіці за допомогою обліку повного набору міжгалузевих зв'язків. Однак вона може швидко втратитися, якщо зв'язки між галузями часто змінюються в часі. Проте, ні дивлячись ні на що, ця модель є однією з найкращих для розв'язання сучасних проблем в економіці.

УДК 519.6

Нефьодов Є.О.<sup>1</sup>, Мізерна О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ФЕУ-117 ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ У КРЕДИТУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Кредитне забезпечення сільського господарства є актуальним питанням у процесі становлення та розвитку реформованої аграрної сфери в Україні. З метою управління кредитними ризиками банки мають проводити оцінку кредитоспроможності позичальника як на стадії прийняття рішення про доцільність видачі кредиту, так і на стадії контролю за процесом погашення відсотків і заборгованості за кредитом. Існуючі методи оцінки кредитоспроможності є вузькоспеціалізованими, що не дозволяє достовірно визначити кредитоспроможність позичальника.

Вищезазначене зумовило необхідність використання економіко-математичної моделі для оцінки кредитоспроможності

сільськогосподарських підприємств, що дозволило відобразити численні умови, взаємозв'язки між витратами ресурсів і результатами виробництва, збалансувати виробництво і використання ресурсів таким чином, щоб визначити раціональність використання наявних виробничих ресурсів.

Постановка задачі полягала у визначенні оптимальної структури виробництва, тобто у визначенні розмірів площ сільськогосподарських культур, поголів'ї окремих видів худоби, обсягів реалізації продукції і співвідношення галузей на підприємстві при мінімальних виробничих витратах. За критерій оптимальності було прийнято отримання мінімальних загальних виробничих витрат на товарну продукцію рослинництва і тваринництва.

У результаті розв'язання задачі на ЕОМ за допомогою Excel було отримано оптимальний розв'язок. Аналіз оптимального розв'язку виконувався на основі деяких положень симплекс-методу. За результатами розв'язання задачі за моделлю було визначено оптимальну структуру виробництва при мінімальних виробничих витратах.

Порівняння фактичних витрат з оптимальними засвідчило, що за оптимального використання ресурсів підприємство може значно зменшити всі статті витрат. Таким чином, впровадження результатів економіко-математичного моделювання для оцінки кредитоспроможності сільськогосподарських підприємств дозволило спрогнозувати ймовірність повернення кредиту, знизити вплив непередбачуваних факторів. Технологія планування витрат, при цьому, значно відрізняється від існуючої системи, відповідає стандартам ринкового середовища. При кредитуванні сільськогосподарських підприємств важливо передбачити зміну витрат на виробництво, а інколи й забезпечити досягнення їх оптимального рівня. Це забезпечує своєчасне повернення кредитів, зростання конкурентоспроможності продукції, довгостроковий економічний розвиток сільськогосподарських підприємств.

УДК 519.6

Постнікова І. В.<sup>1</sup>, Мізерна О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ФЕУ-117 ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

## **МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ У ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ**

Моделювання є важливим інструментом економічного аналізу. У сфері моделювання процесів зовнішньоекономічної діяльності з урахуванням

безлічі ознак найчастіше використовуються багатofакторні моделі, завдання яких полягає у визначенні аналітичного виразу, що показує характер і ступінь впливу групи показників на досліджуваний результативний критерій.

Економіко-математичну модель асортиментної задачі можна представити наступним чином [1]:

$$L = \sum_{j=1}^n \Pi_j X_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n E_{ij} X_j \leq \omega_i, i = 1, 2, \dots, m,$$

$$X_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n.,$$

де  $X_j$  – величина експорту (т, ц, шт. і т.д.)  $j$ -го виду;  $\Pi_j$  – прибуток, одержуваний від реалізації  $j$ -го виду товару;  $E_{ij}$  – величина ресурсу на виготовлення однієї одиниці продукції, що експортується;  $\omega_i$  – запаси ресурсу  $i$ -го виду на даний період часу.

Наступний етап побудови моделі розвитку зовнішньоекономічної діяльності суб'єкта світового ринку – це визначення раціонального математичного методу для розв'язання задачі.

До числа основних моделей, що описують розвиток процесів у зовнішньоекономічній діяльності, відносяться: стандартна, гравітаційна моделі; проект «ЛІНК» і метод «витрати-випуск» [2].

Стандартна модель є основним теоретичним інструментом аналізу міжнародної торгівлі. Модель оперує сукупним попитом і пропозицією і виходить з передумови про існування торгівлі двома товарами між двома країнами. В рамках стандартної моделі розглядається і виробництво товарів зі зростаючими витратами заміщення.

Гравітаційна модель служить для моделювання товарних потоків між парами країн. Вона являє собою функцію, яка пов'язує товарний потік з декількома факторами: соціально-політичними, економічними, географічними. Гравітаційні моделі визначають залежність односпрямованого зовнішньоторговельного потоку від параметрів внутрішньоекономічного стану як країни-експортера, так і країни-імпортера.

Метод економічного аналізу «витрати-випуск» був розроблений В. Леонтьєвим. Дана модель дозволяє на основі оцінки дослідження окремих галузей аналізувати економічне зростання і прогнозувати розвиток світової економіки.



Проект «ЛІНК» – глобальна модель міжнародної торгівлі, розроблена для використання транснаціональними корпораціями з метою вибору важелів впливу на економіку країн, що розвиваються, і знаходження оптимальних шляхів експансії на закордонні ринки товарів і послуг.

У світовій практиці для прогнозування також знайшли широке застосування трендові моделі, функції експорту та імпорту (багатофакторні моделі), моделі міжгалузевого балансу, комплексні економетричні моделі, матричні моделі міжнародної торгівлі, оптимізаційні моделі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поляков, В. В. Мировая экономика и международный бизнес. Экспресс-курс. 2018 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://bstudy.net/639624/ekonomika/mirovaya\\_ekonomika\\_i\\_mezhdunarodnyy\\_biznes\\_ekspress-kurs](https://bstudy.net/639624/ekonomika/mirovaya_ekonomika_i_mezhdunarodnyy_biznes_ekspress-kurs)
2. Основи зовнішньоекономічної діяльності. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pidruchniki.com/2015101166735/ekonomika>

УДК 519.6

Федюк Д.О.<sup>1</sup>, Мізерна О.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ФЕУ-617 ЗНТУ

<sup>2</sup> старш. викл. ЗНТУ

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА ЛАГРАНЖА У МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧА

Однією з цікавих та корисних можливостей, які надають сучасні автоматизовані інформаційні системи управління, є можливість моделювання виробничих процесів з метою найбільш ефективного управління.

Розглянемо модель поведінки споживача як задачу на умовний екстремум

$$u(x_1, x_2) \rightarrow \max, \text{ за умови } p_1 x_1 + p_2 x_2 = R. \quad (1)$$

Для розв'язання цієї задачі застосуємо метод Лагранжа. Запишемо функцію Лагранжа

$$L(x_1, x_2, \lambda) = u(x_1, x_2) + \lambda(p_1 x_1 + p_2 x_2 - R). \quad (2)$$

Знаходимо її перші часткові похідні за змінними  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $\lambda$  і прирівнюємо похідні до нуля

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = u'_1 - \lambda p_1 = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = u'_2 - \lambda p_2 = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = p_1 x_1 + p_2 x_2 - R = 0. \quad (3)$$

Виключаємо з одержаної системи рівнянь параметр  $\lambda$

$$\begin{cases} \frac{u'_1}{u'_2} = \frac{p_1}{p_2}, \\ p_1 x_1 + p_2 x_2 = R. \end{cases} \quad (4)$$

Розв'язком цієї системи є “скорочена” критична точка функції Лагранжа. Підставимо розв'язок у ліву частину першого рівняння

$$\frac{u'_1(x_1, x_2)}{u'_2(x_1, x_2)} = \frac{p_1}{p_2} \quad (5)$$

і одержимо відомий факт, що у точці локальної ринкової рівноваги відношення граничних корисностей продуктів дорівнює відношенню ринкових цін на ці продукти.

Геометрично розв'язок задачі рис. 1 можна інтерпретувати як точку дотику лінії байдужості функції корисності  $u(x_1, x_2)$  з бюджетною прямою  $p_1 x_1 + p_2 x_2 = R$ .

Використання математичних методів і моделей в аудиті дозволяють "програвати" поведінку керованого об'єкта при різних прогнозованих параметрах самого об'єкта і навколишнього середовища.

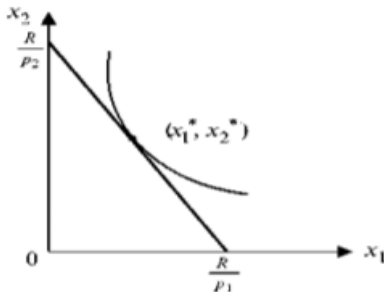


Рисунок 1 – Геометричний розв'язок.

Наукове електронне видання  
комбінованого використання  
Можна використовувати в локальному та  
мережному режимах

# **ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2019.**

## **Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій**

Збірник тез доповідей щорічної  
науково-практичної конференції серед студентів,  
викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів  
15–19 квітня 2019 року

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM);  
супровідна документація.  
Тираж 100 прим. Зам. № 697

Видавець і виготовлювач  
Запорізький національний технічний університет  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2394 від 27.12.2005.