

Міністерство освіти і науки України  
Українська технологічна академія  
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова  
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"  
Хмельницький національний університет  
Редакція наукового журналу "Вісник ХНУ"  
Вінницький національний технічний університет  
Мордовський державний університет ім. Огарьова (Саранськ, Росія)  
Видавництво "Техносфера"  
Науково-технічний журнал "Фотоніка"  
Томська група відділення Інституту інженерів  
з електротехніки і радіоелектроніки ІЕЕЕ



**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА  
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ  
(ВОТТП-14-2015)**

Матеріали  
XIV міжнародної науково-технічної конференції

*5–10 червня 2015 р., м. Одеса (Затока)*

Одеса 2015



УДК 681.2+004  
ББК 32.97  
В47

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради  
Хмельницького національного університету,  
протокол № 10 від 27 травня 2015 р.*

У збірнику надруковані доповіді та матеріали, які були представлені та заслухані на XIV міжнародній науково-практичній конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", яка відбулася у м. Одеса, 5–10 червня 2015 р.

Доповіді та окремі статті подані в авторській редакції зі збереженням стилю викладу та якості підготовки вихідних матеріалів.

**Редакційна колегія:**

**Водотовка В.І.** (Україна, Київ); **Дудикевич В.Б.** (Україна, Львів); **Желкобаев Ж.Е.** (Росія, Москва);  
**Злепко С.М.** (Україна, Вінниця); **Істоміна Н.Л.** (Росія, Москва); **Камбург В.Г.** (Росія, Пенза);  
**Каплун В.Г.** (Україна, Хмельницький); **Каптур В.А.** (Україна, Одеса); **Кичак В.М.** (Україна, Вінниця);  
**Кравченко С.А.** (Росія, Санкт-Петербург); **Кожемяк О.А.** (Росія, Томськ); **Кожем'яко В.П.** (Україна, Вінниця);  
**Кондратов В.Т.** (Україна, Київ); **Косенков В.Д.** (Україна, Хмельницький); **Кузьмін І.В.** (Україна, Вінниця);  
**Лепіх Я.І.** (Україна, Одеса); **Нікулін В.В.** (Росія, Саранськ); **Мельник А.О.** (Україна, Львів);  
**Павленко Ю.Ф.** (Україна, Харків); **Павлов С.В.** (Україна, Вінниця); **Петренко О.М.** (Англія, Лондон);  
**Проценко М.Б.** (Україна, Одеса); **Пунченко О.П.** (Україна, Одеса); **Ройзман В.П.** (Україна, Хмельницький);  
**Романюк О.Н.** (Україна, Вінниця); **Ротштейн О.П.** (Ізраїль, Єрусалим); **Тарасенко В.П.** (Україна, Київ);  
**Сурду М.М.** (Україна, Київ); **Сопрунюк П.М.** (Україна, Львів); **Стахов О.П.** (Канада);  
**Стенцель Й.І.** (Україна, Северодонецьк); **Стукач О.В.** (Росія, Томськ);  
**Філінюк М.А.** (Україна, Вінниця); **Шарпан О.Б.** (Україна, Київ)

В47

**Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах :**  
матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конференції (5–10 червня 2015 р., м. Одеса) ;  
Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса–Хмельницький : ХНУ, 2015. –  
267 с. (укр., рус., англ.).  
ISBN 978-966-330-228-7

Розглянуті проблеми та аспекти використання вимірювальної та обчислювальної  
техніки в різних галузях економіки та технологічних процесах.

Рохраховано на наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в об-  
ласті вивчення цих задач.

УДК 681.2+004  
ББК 32.97

ISBN 978-966-330-228-7

© Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2015  
© Вісник Хмельницького національного університету, 2015  
© Хмельницький національний університет, Україна, 2015  
© Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Україна, 2015



## Склад організаційно-програмного комітету чотирнадцятої МНТК ВОТТП 14 – 2015

**П.П. Воробієнко.** - професор, д.т.н., член-кор. НАПН України, ректор  
ОНАЗ ім. Попова - голова оргкомітету;

**І.В. Троцишин** – проф., д.т.н, академік УТА, головний редактор МНТЖ  
"ВОТТП" - заступник голови оргкомітету;

### Члени оргкомітету:

- |  |   |
|--|---|
| <b>В.І. Водотовка</b> (Україна, Київ)          | <b>А.О. Мельник</b> (Україна, Львів)          |
| <b>В.Б. Дудикевич</b> (Україна, Львів)         | <b>Ю.Ф. Павленко</b> (Україна, Харків)        |
| <b>Ж.Е. Желкобаєв</b> (Росія, Москва)          | <b>С.В. Павлов</b> (Україна, Вінниця)         |
| <b>С.М. Злепко</b> (Україна, Вінниця)          | <b>О.М. Петренко</b> (Англія, Лоднон)         |
| <b>Н.Л. Істоміна</b> (Росія, Москва)           | <b>М.Б. Проценко</b> (Україна, Одеса)         |
| <b>В.Г. Камбург</b> (Росія, Пенза,)            | <b>О.П. Пунченко</b> (Україна, Одеса)         |
| <b>В.Г. Каплун</b> (Україна, Хмельницький)     | <b>В.П. Ройзман</b> (Україна, Хмельницький)   |
| <b>В.А. Каптур</b> (Україна, Одеса)            | <b>О.Н. Романюк</b> (Україна, Вінниця)        |
| <b>В.М. Кичак</b> (Україна, Вінниця)           | <b>О.П. Ротштейн</b> (Ізраїль, Єрусалим)      |
| <b>С.А. Кравченко</b> (Росія, Санкт-Петербург) | <b>В.П. Тарасенко</b> (Україна, Київ)         |
| <b>О.А. Кожемяк</b> (Росія, Томськ)            | <b>М.М. Сурду</b> (Україна, Київ)             |
| <b>В.П. Кожем'яко</b> (Україна, Вінниця)       | <b>П.М. Сопрунюк</b> (Україна, Львів)         |
| <b>В.Т. Кондратов</b> (Україна, Київ)          | <b>О.П. Стахов</b> (Канада)                   |
| <b>В.Д. Косенков</b> (Україна, Хмельницький)   | <b>Й.І. Стенцель</b> (Україна, Северодонецьк) |
| <b>І.В. Кузьмін</b> (Україна, Вінниця)         | <b>О.В. Стукач</b> (Росія, Томськ)            |
| <b>Я.І. Лепіх</b> (Україна, Одеса)             | <b>М.А. Філінюк</b> (Україна, Вінниця)        |
| <b>В.В. Нікулін</b> (Росія, Саранськ)          | <b>О.Б. Шарпан</b> (Україна, Київ).           |

### Організаційна група:

- В.О. Лазукін** – директор бази відпочинку ОНАЗ  
**В.О. Гуляєва** – завідувач патентно-інформаційного відділу, ХНУ  
**А.І. Драпак** – с.н.с. патентно-інформаційного відділу ХНУ,  
**К.Л. Горященко** – доцент ХНУ, секретар 14-ї МНТК «ВОТТП», ХНУ  
**М.І. Троцишин** – технічний секретар, ХНУ  
**В.Д. Бідюк** – ст. викладач ХНУ, головний бухгалтер ХРВ УТА  
**Н.І. Євтушенко** – заст. директора НВК №49, м. Одеса  
**Л.П. Леонова** – учитель фізики вищої категорії, НВК №49, м. Одеса  
**Л.В. Воскобойнікова** – учитель хімії вищої категорії, НВК №49, м. Одеса  
**О.Б. Жукова-Малєєва** – інструктор медичної служби, м. Мелітополь



## Програма конференції Субота, 06.червня

### 10-30. Відкриття 14-ї МНТК ВОТТП.

1. Вступне слово ректора ОНАЗ ім. О.С.Попова **Воробієнка П.П.**, Голови оргкомітету ВОТТП-14-2015.

2. План дій та регламент конференції. **Троцишин І.В.** – Заступник голови оргкомітету ВОТТП-14-2015.

### 10-40-12-00 Пленарні засідання

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ АВТОРЕГРЕССИИ. **Карташов В.М., Шпоняк Р.С., Толстых Е.Г.** Харьковский национальный университет радиоэлектроники.
2. ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: УРАВНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ II-го И III-го. **Кондратов В.Т.** Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины.
3. О ПРЕЦИЗИОННОМ ИЗМЕРЕНИИ ПРИРАЩЕНИЙ УФС ПРИ ПОВЕРКЕ КАЛИБРАТОРОВ ФАЗЫ НА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ. **Кравченко С.А, Пиастро В.П., Пронин А.Н.** ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», Санкт-Петербург.
4. МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОТОКУ РІДИНИ ПРИ РОЗПИЛЕННІ ЇЇ НА ПОВЕРХНЮ. **Горященко С.Л., ГолінкаЄ.О.** Хмельницький національний університет.
5. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ КАМЕР СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ. **Гофайзен О. В., Пиляевский В. В.** Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова ГП “Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения”.
6. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЇ PLC НА ВІТЧИЗНЯНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ. **БалашовВ.О., Ляховецький Л. М., Заблоцький С. А.** Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.
7. ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ. **Козаченко М.Т., Жмурко Ю.В.** Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова.
8. QUANTUM THEORY OF MEASUREMENT CONVERSIONS, AND THE WAY EXCEPTIONS METHODOLOGICAL ERRORS OF MEASURING CHANGES. **Ivan Trotsyshyn. A.S. Popov** *Odessa National Academy of Telecommunications.*
9. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАННЯ НА ДИНАМІЧНУ МІЦНІСТЬ ВИРОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ. **Ройзман В. П., Яновицький О. К., Мороз В. А.** Хмельницький національний університет.
10. КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК ТУРБИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОАПЕРТУРНЫХ СЕНСОРОВ **Бабак С.В.<sup>1</sup>, Богачев И.В.<sup>2</sup>** Институт технической теплофизики НАН Украины<sup>2</sup> Государственное предприятие «НТЦ новейших технологий» НАН Украины<sup>1</sup>
11. THEORY OF REDUNDANT MEASUREMENTS — STRATEGIC THEORY OF XXI CENTURY. **Kondratov V.T.** *Institute of cybernetics of V.M. Glushkov.*
12. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ. **Вышинский В.А.** Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины.
13. КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ІНТЕРВАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ. **М.П. Дивак<sup>1)</sup>, А.В. Пукас<sup>2)</sup>**. Тернопільський національний економічний університет.
14. ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛІВ ЕФЕКТИВНОЇ ОЦІНКИ URI В КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМАХ ФІЛЬТРАЦІЇ КОНТЕНТУ. **Каптур В.А., Поднебесний І.А** Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

12-00 \_\_ 13-00, брейк-кава, Обід.



## Зміст

### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

<b>V.T. KONDRATOV</b> THEORY OF REDUNDANT MEASUREMENTS – STRATEGIC THEORY OF XXI CENTURY.....	17
<b>В.Т. КОНДРАТОВ</b> ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ : УРАВНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ II-ГО И III-ГО РОДОВ .....	20
<b>М.П. ДИВАК, А.В. ПУКАС</b> КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ІНТЕРВАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	23
<b>В.А. КАПТУР, І.А. ПОДНЕБЕСНИЙ</b> ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛІВ ЕФЕКТИВНОЇ ОЦІНКИ URI В КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМАХ ФІЛЬТРАЦІЇ КОНТЕНТУ .....	26
<b>В.О. БАЛАШОВ, Л.М. ЛЯХОВЕЦЬКИЙ, С.А. ЗАБЛОЦЬКИЙ</b> ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЇ PLC НА ВІТЧИЗНЯНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	29
<b>О.В. ГОФАЙЗЕН, В.В. ПИЛЯВСКИЙ</b> ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ КАМЕР СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	30
<b>С.А. КРАВЧЕНКО, В.П. ПИАСТРО, А.Н. ПРОНИН</b> О ПРЕЦИЗИОННОМ ИЗМЕРЕНИИ ПРИРАЩЕНИЙ УФС ПРИ ПОВЕРКЕ КАЛИБРАТОРОВ ФАЗЫ НА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ.....	33
<b>В.А. ВЫШИНСКИЙ</b> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ .....	35
<b>В.П. РОЙЗМАН, О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, В.А. МОРОЗ</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАННЯ НА ДИНАМІЧНУ МІЦНІСТЬ ВИРОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ.....	37
<b>М.Т. КОЗАЧЕНКО, Ю.В. ЖМУРКО</b> ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....	39
<b>С.В. БАБАК, И.В. БОГАЧЕВ</b> КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК ТУРБИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОАПЕРТУРНЫХ СЕНСОРОВ .....	42
<b>В.М. КАРТАШОВ, Р.С. ШПОНЯК, Е.Г. ТОЛСТЫХ</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ АВТОРЕГРЕССИИ .....	45
<b>І.В. ТРОЦИШИН, М.І. ТРОЦИШИН, Н.І.ЄВТУШЕНКО, Л.П. ЛЕОНОВА</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШКІЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ФІЗИКИ (ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ).....	47
<b>ОПТИЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ</b>	
<b>С.Л. ГОРЯЩЕНКО, Є.О. ГОЛІНКА</b> МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОТОКУ РІДИНИ ПРИ РОЗПИЛЕННІ ЇЇ НА ПОВЕРХНЮ .....	50
<b>Й.Й. БЛИНСЬКИЙ, М.О. СТАСЮК</b> ОБРОБКА СИГНАЛУ ДОПЛЕРІВСЬКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА .....	51
<b>В.В. БРАЇЛОВСЬКИЙ, М.М.ІВАНЧУК, І.В.ПИСЛАР, М.Г.РОЖДЕСТВЕНСЬКА</b> ЧУТЛИВІСТЬ ЗОРУ ЛЮДИНИ ДО НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ІМПУЛЬСІВ ВИДИМОГО СВІТЛА .....	53
<b>А.О. СЕМЕНОВ, О.С. КОЦЮБІНСЬКИЙ, Ю.В. ШЕВЧУК, Ю.Ю. ТАРАСЮК</b> МІКРОЕЛЕКТРОННІ ГАЗОВІ СЕНСОРИ.....	54
<b>О.Є. ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, К.Л. ГОРЯЩЕНКО</b> ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ПОГЛИНАННЯ В ОПТОВОЛОКНІ .....	57
<b>Н.А. ИКОННИКОВА</b> ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ХАОТИЗАЦИИ В ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	59
<b>В.В. ГОРИН, Р.И. СЕМЧУК</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В АППАРАТАХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВНУТРИ ТРУБ .....	61
<b>А.Ю. ВОЛОВИК, Ю.М. ВОЛОВИК, М.А. ШУТИЛО, О.П. ЧЕРВАК</b> ПІДВИЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ АЗИМУТАЛЬНОГО КАНАЛУ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОСАДКИ .....	63
<b>ІВ.М. ШАПАР, Є.Ф. ВЕНГЕР, І.І. ДРОЖЧА, А.В. ЗСАВЧУК</b> НОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТОЧКИ РОСИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ .....	65



<b>В.В. СКАЧКОВ, Г.Д. БРАТЧЕНКО, О.М. ЕФИМЧИКОВ</b> ОЦІНКА ВПЛИВУ ШУМУ ГРАДІЄНТА КРИТЕРІАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ НА ЯКІСТЬ АДАПТАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ З АНТЕННОЮ РЕШІТКОЮ .	111
<b>В.В. СІНЮГІН, К.О. КОВАЛЬ, М.М. МИРГОРОДСЬКИЙ</b> ЕЛЕКТРИЧНИЙ ФІЛЬТР НА ОСНОВІ ВІПОЛЯРНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ .....	114
<b>Г.Г. БОРТНИК, М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, О.В. СТАЛЬЧЕНКО</b> МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ФАЗОВОГО ДРИЖАННЯ СИГНАЛІВ У ЦИФРОВИХ ТРАКТАХ .....	116
<b>Н.И. ТРОЦИШИНА, И.В. ТРОЦИШИН</b> МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦАП-АЦП С АДАПТИВНО ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СКВОЗНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АТЕННЮАТОРА-ДЕЛИТЕЛЯ ТРОЦИШИНА .....	117
<b>М.Н. ГОРБАЧЕВ</b> ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НЕГАРМОНИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ И УСТРОЙСТВАХ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ .....	121
<b>И.Л. АФОНИН, П.А. БУГАЁВ, Г.В. БОКОВ</b> АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДВУХДЕТЕКТОРНОГО ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПАРАМЕТРОВ .....	122
<b>А.А. ЦИЛЕПА, О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРУ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ .....	125
<b>Г.Ю. ШОКОТЬКО, И.В. ТРОЦИШИН</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ РАДИОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ .....	126
<b>ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ</b>	
<b>Й.Й. БЛИНСЬКИЙ, О.П. КЕРСОВ</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ З ВБУДОВАНИМ МІКРОКОНТРОЛЕРОМ .....	129
<b>С.Ф. РОБОТЬКО</b> РОЗВ'ЯЗОК УЗАГАЛЬНЕНОЇ ДИНАМІЧНОЇ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ВІПАДКОВИХ БЛУКАНЬ .....	132
<b>П.І. КУЛАКОВ</b> КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН ДЛЯ ДОЇЛЬНО-МОЛОЧНИХ ВІДДІЛЕНЬ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ .....	134
<b>В.В. ШЕБЕТЮК</b> НЕЙРОМЕРЕЖНЕ РОСПІЗНАННЯ ОБРАЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕНЬ .....	135
<b>О.Г. ХАРЧЕНКО, І.О. БОДНАРЧУК, І.О. ГАЛАЙ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДІ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДО НЕУЗГОДЖЕНОСТЕЙ МАТРИЦІ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ В ЗАДАЧІ ВИБОРУ ПРОГРАМНОЇ АРХІТЕКТУРИ .....	136
<b>В.Д. ДМИТРИЕНКО, С.Ю. ЛЕОНОВ, К.А. КАЛЬЧЕВА</b> СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ .....	139
<b>М.А. ДОРОНІНА</b> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ НАЯВНОСТІ ЗБУРЕНЬ ХВИЛЬОВОЇ СТРУКТУРИ ШЛЯХОМ ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСТЕРІГАЧА .....	140
<b>С.П. КОНОНОВ, Р. В. БОРСОЛЮК</b> ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З ЧАСОВОЮ РОЗГОРТКОЮ ЗА ЧАСТОТОЮ .....	142
<b>С.В. ТОЛБАТОВ</b> РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ РОБІТ .....	144
<b>О.Б. В'ЮНЕНКО, А.В. ТОЛБАТОВ, В.А. ТОЛБАТОВ, С.В. АГАДЖАНОВА</b> МОДЕЛЬ ВІРТУАЛЬНОГО КОГНІТИВНОГО ЦЕНТРУ ЯК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІТ СИСТЕМИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АГРОПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ .....	147
<b>В.А. ТОЛБАТОВ, А.В. ТОЛБАТОВ, О.Б. В'ЮНЕНКО, О.А. ДОБРОРОДНОВ</b> ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД ВІДМОВ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ .....	149
<b>А.В. ТОЛБАТОВ</b> РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ .....	150
<b>Ю.Н. ХАРЛАМОВА</b> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕСТРАИВАЕМЫМИ СТРУКТУРАМИ .....	151



## ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАХІЙ ДО НЕУЗГОДЖЕНОСТЕЙ МАТРИЦІ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ В ЗАДАЧІ ВИБОРУ ПРОГРАМНОЇ АРХІТЕКТУРИ

*Анотація.* В роботі досліджується стійкість розв'язків задачі проектування архітектури програмної системи з врахуванням показників якості, отриманих модифікованим методом аналізу ієрархій. Для цього для різних значень неузгодженостей матриці парних порівнянь порівнювались рішення задачі оптимізації, отримані класичним і модифікованим методом аналізу ієрархій. Досліджувалась чутливість рішень по вибору оптимальної архітектури до похибок визначення коефіцієнтів пріоритету критерії якості.

*Ключові слова:* архітектура програмної системи, метод аналізу ієрархій, оптимізація.

О.Н. KHARCHENKO<sup>1</sup>, І.О. BODNARCHUK<sup>2</sup>, І.О. HALAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National aviation university,

<sup>2</sup>Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University  
kharchenko.nau@gmail.com, bodnarchuk.io@gmail.com, irinagalay88@gmail.com

## THE INVESTIGATION OF STABILITY OF THE MODIFIED ANALYTICAL HIERARCHIC PROCESS TO THE INCONSISTENCIES OF PAIRWISE COMPARISONS MATRICES IN THE PROBLEM OF SOFTWARE SYSTEMS ARCHITECTURE CHOOSING

*Abstract –* The stability of solutions of software system architecture design is examined in the paper with taking into account quality indices obtained with modified Analytical Hierarchic Process. To do this the solutions of optimization problem, obtained with classic and modified Analytical Hierarchic Process were compared. The sensitivity of solutions for selection of optimum architecture to the errors of weight indices determining was investigated.

*Key words:* software system architecture, Analytical Hierarchic Process, multicriteria optimization, optimization.

У зв'язку з підвищенням складності програмних систем (ПС) зростають вимоги до їх архітектури, в якій концептуально цілісно повинні бути об'єднані всі рішення по проектуванню системи. Складність вирішуваних системою задач робить неможливою розробку архітектури "з нуля", а використання існуючих рішень є неприйнятним у зв'язку із постійним підвищенням вимог до якості ПС та швидкими темпами удосконалення апаратно-програмних платформ. Суттєвим просуванням у вирішенні цих проблем стала розробка каталогу стандартних архітектурних патернів, з яких можна компонувати архітектури ПС для широкого спектру предметних областей. Але оскільки для заданої предметної області ПС таких архітектурних рішень може бути розроблено декілька, то ставиться задача вибору оптимального, по множині критеріїв якості, рішення.

При використанні методу аналізу ієрархій (МАІ) для рішення таких задач відносні оцінки критеріїв (ваги) для альтернатив програмної архітектури (ПА)  $w_i^s$  на кожному рівні знаходяться з використанням матриць парних порівнянь (МПП)  $B^s(b_{ij}^s)$ , які заповнюють експерти (тут  $B^s(b_{ij}^s)$  визначає перевагу  $i$ -тої альтернативи над  $j$ -ю по реалізації  $s$ -го критерію). Коефіцієнти матриць повинні бути узгодженими, тобто  $b_{ij} = w_i / w_j \quad \forall b_{ij} \in B$ . Ваги в цьому випадку знаходяться як компоненти власного вектору МПП, які відповідають максимальному характеристичному числу матриці. Обчислення власного вектору матриці є досить трудомісткою процедурою. Тому користуються як правило наближеним співвідношенням [1]

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij} / \sum_{j=1}^n b_{ij}.$$

Але при значній кількості альтернатив, в силу дії на експертів різних негативних факторів, матриця  $B\{b_{ij}\}$  є неузгодженою і її ранг буде відмінним від одиниці, тобто матриця буде мати декілька власних значень.

А.А.Павловим в роботі[2] для розв'язку даної задачі запропоновано модифікацію для МАІ, а саме моделі для різних форм представлення міри неузгодженостей і метод обчислення ваг альтернатив з умови мінімізації неузгодженості матриці  $B\{b_{ij}\}$ . В роботах [3],[4] цей метод було використано в задачі вибору ПА з врахуванням показників якості. В даній задачі було використано міру неузгодженості наступного виду.

$$\left| (w_i / w_j) - b_{ij} \right| \leq \delta_{\text{дон}} \cdot b_{ij}, \quad \delta_{\text{дон}} \geq 0, \quad (2)$$

де  $\delta_{\text{дон}}$  – задане порогове значення.

Тоді ваги  $w_i$ , які мінімізують (3), знаходяться з рішення задачі лінійного програмування:



$$\min_{\{w_i\}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ij}^+ - y_{ij}^-) \quad (3)$$

$$w_i \geq a_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad w_i - b_{ij} \cdot w_j = y_{ij}^+ - y_{ij}^-; \quad y_{ij} \geq 1;$$

$$-\delta_{\text{доп}} \cdot b_{ij} \cdot w_j \leq w_i - b_{ij} \cdot w_j \leq \delta_{\text{доп}} \cdot b_{ij} \cdot w_j, \quad y_{ij}^+, y_{ij}^- \geq 0; \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Як відмічалось в [1] використання МАІ забезпечує коректне рішення при невеликій кількості альтернатив ( $n \leq 7 \pm 2$ ). При цьому індекс узгодженості  $I_0$  не перевищує визначену межу  $I_0 \leq 0,1$ . При збільшенні розмірності задачі  $n > 9$  індекс узгодженості збільшується і може перевищувати межу  $I_0 > 0,1$ . В цьому випадку відносні оцінки альтернатив будуть містити похибки, які призведуть до неправильного ранжування альтернатив і вибору не найкращого варіанта.

Для знаходження вагових множників по неузгодженій матриці парних порівнянь розроблено декілька методів [7], але вони є слабо формалізованими і досить громіздкими. В роботі [2] для рішення задач прийняття ієрархічних рішень по неузгоджених МПП запропоновано вагові множники альтернатив шукати з умови мінімізації неузгодженості матриці  $B\{b_{ij}\}$ . В якості міри неузгодженості можна взяти наступні вирази

$$M_1 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{b_{ij}} (w_i^*), \quad M_2 = \max_i K(w_i^*), \quad \text{де } K(w_i^*) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \frac{1}{b_{ij}} \left| \frac{w_i^*}{w_j^*} - b_{ij} \right|.$$

Було проведено дослідження по порівнянню методів МАІ та ММАІ при збільшенні розмірності МПП в задачі оцінювання альтернатив.

Для можливості змінювати ступінь узгодженості рішення задачі оцінювання альтернатив з використанням ММАІ скористаємось моделлю оптимізації, визначеної виразами (3), (4).

Для оцінки узгодженості отриманих рішень будемо використовувати наступні показники: коефіцієнт узгодженості  $M_1$ , а також міру узгодженості  $M_2$ , визначені формулою (5).

Були проведені дослідження ефективності методу обчислення вагових множників згідно моделі допустимого узгодженого рішення 4, яка приводить до задачі оптимізації (3), (4), для отримання оцінок альтернативних архітектур ПС при неузгоджених матрицях  $B\{b_{ij}\}$ .

При цьому, для заданих значень порогу неузгодженості  $t_{\text{доп}}$  моделювались похибки експертів при визначенні елементів МПП шляхом генерування випадкових збурень матриці  $B\{b_{ij}\}$  і знаходились вагові множники  $w_i^*$ ,  $i = \overline{1, n}$  стандартним і модифікованим МАІ.

Після цього обчислювались коефіцієнти та міри узгодженості (5) для результатів, отриманих обома методами. Було проведено дослідження впливу похибок неузгодженості матриці парних порівнянь на ранжування альтернатив.

Для дослідження були взяті альтернативні архітектурні рішення з міжнародного проекту GB (GlassBox), приведені в [6], де розглядається 19 варіантів базових архітектур, з яких можна утворювати необхідну кількість похідних.

Дослідження проводилось для різної кількості архітектурних альтернатив, які оцінювались відносно наступних критеріїв якості: здатність до модифікації, масштабованість, продуктивність, вартість, затрати на розробку, портативність, легкість встановлення.

По кожному з критеріїв формувалась матриця  $B^s\{b_{ij}^s\}$ ,  $i, j = \overline{1, n}$ ,  $s = \overline{1, 7}$ , де  $b_{ij}^s$  показує, наскільки  $i$ -та альтернатива переважає  $j$ -ту по реалізації  $s$ -го критерію. При чому, матриці задавались ідеально узгодженими. Потім моделювались помилки експертів шляхом генерування випадкових величин  $K_{ij}$  в інтервалі  $K_{ij} \in [-0,5 \cdot t_{\text{доп}} + 0,5 \cdot t_{\text{доп}}]$  з певним кроком  $\Delta t$ , і елементи матриці  $B^s\{b_{ij}^s\}$  визначались за формулою  $b_{ij}^{s*} = b_{ij}^s + K_{ij} \cdot b_{ij}^s$ .

Для отриманих матриць  $B^{s*}\{b_{ij}^{s*}\}$  визначались набори вагових множників  $\{w_i^s\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $s = \overline{1, 7}$  стандартним МАІ і як рішення задачі (3), (4). Після цього обчислювались міри узгодженості  $M_1$  і  $M_2$ , які усереднювались по множині критеріїв якості.

На рис 01 зображена залежність критерію  $M_1$  від величини інтервалу, з якого вибирався  $K_{ij}$  для обох методів та величини міри узгодженості  $M_2$  від інтервалу, на якому моделювались збурення матриці для випадку 19 альтернатив.

Як видно з графіка, ММАІ дає значно кращі результати за критерієм  $M_1$ , ніж стандартний. Так, вже при похибках в матриці  $B^{s*}\{b_{ij}^{s*}\}$  в межах  $t_{\text{доп}} = 0,15$  модифікований МАІ дав на 20 відсотків менше значення міри неузгодженості рішення, ніж стандартний. За критерієм  $M_2$  із збільшенням  $t_{\text{доп}}$  переваги ММАІ збільшуються і при  $t_{\text{доп}} = 0,25$  значення критерію  $M_2$  майже на 30 відсотків менше, ніж для стандартного.



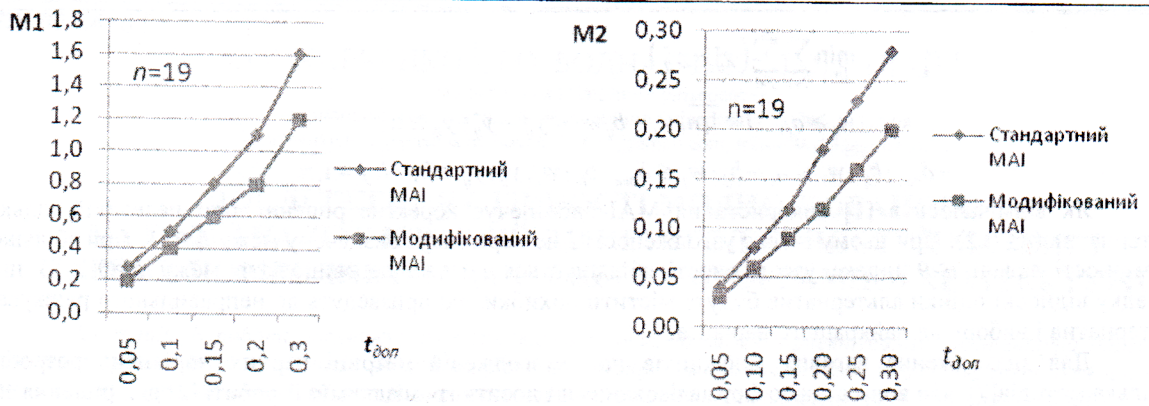


Рис. 1. Залежність критерію  $M_1$  та  $M_2$  від інтервалу похибок

Аналіз результатів показав також, що градієнт росту критерію неузгодженості  $M_1$  збільшується із збільшенням похибок матриць парних порівнянь, тобто отримане в МАІ рішення є нестійким до цих похибок. Тому необхідно проводити додатковий аналіз отриманих ранжувань альтернатив, як за сукупністю критеріїв так і за окремими критеріями, а при необхідності – будувати області компромісів [5].

### Література

1. Saaty T. Decision Making with the Analytic Network Process. / Saaty T. Vargas L. // – N.Y.: Springer, 2006. 278 p.
2. Павлов А.А. Математические модели оптимизации для нахождения весов объектов в методе парных сравнений. Павлов А.А., Лищук Е.И., Кут В.И. // Системні дослідження та інформаційні технології – К.: ІПСА, – 2007. №2, с. 13 –21.
3. Harchenko Alexandr, Bodnarchuk Ihor, Halay Iryna. Stability of the Solutions of the Optimization Problem of Software Systems Architecture // Proceeding of VIIth International Scientific and Technical Conference CSIT 2012. pp. 47–48, Lviv, 2012.
4. Alexandr Harchenko. Decision Support System of Software Architect // Alexandr Harchenko, Ihor Bodnarchuk, Iryna Halay // *Proceeding of the 2013 IEEE 7<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). Volume 1*, pp. 265–269, Berlin.
5. Dobrica, L. A survey on software architecture analysis methods /L. Dobrica, E. Niemela // *IEEE Transactions on Software Engineering*. – Volume 28, Issue 7, NJ, USA: IEEE Press Piscataway – July, 2002. – Pp. 638-653.
6. Gorton I. Architecting in the Face of Uncertainty: An Experience Report. Proc. / I. Gorton, J. Haack // ICSE '04 Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering, – Edinburgh, Scotland, 2004. – Pp. 543-551.
7. Литвак В.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. /Литвак В.Г. –М: Радио и связь, 1982.-184с.



Scientific Edition

## MEASURING AND CALCULATING EQUIPMENT IN TECHNOLOGICAL PROCESS

XIV International Scientifically-Technical Conference

June 5–10, 2015, Odessa, Ukraine

---

Научное издание

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Материалы XIV международной научно-технической конференции

5–10 июня 2015 г., г. Одесса, Украина

---

Наукове видання

## ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції

5–10 червня 2015 р., м. Одеса, Україна

(українською, російською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. *І. В. Троцишин*

Редактор випуску: *В. С. Яремчук*

Технічний редактор: к.т.н., доц. *К. Л. Горященко*

Художнє оформлення обкладинки: *О. С. Ванчурова*

Підписано до друку 29.05.2015.

Формат 30×42/2. Папір офс. Гарн. Times New Roman.

Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 31,27. Обл.-вид. арк. – 28,54.

Тираж 145. Зам. № 76/15

---

Віддруковано в редакційно-видавничому центрі ХНУ.

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1.

Свідоцтво про внесення в Державний реєстр,  
серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.