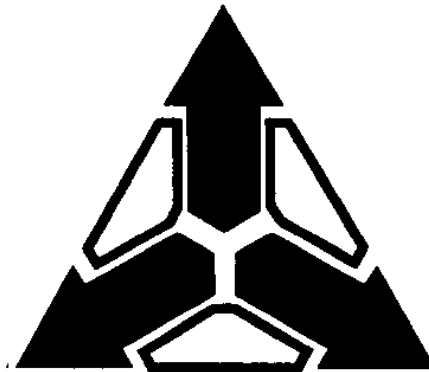


**Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Хмельницький національний університет
Редакція наукового журналу "Вісник ХНУ"
Вінницький національний технічний університет
Видавництво «Техносфера»
Науково-технічний журнал «Фотоніка»
Томська група відділення Інституту інженерів
по електротехніці і радіоелектроніці ІЕЕЕ**



**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП_14_2015)**

Матеріали
XIV міжнародної науково-технічної конференції

5 - 10 червня 2015 р. в 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:

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

В47

Вимірювальна Та Обчислювальна Техніка В Технологічних Процесах : Матеріали XIV Міжнар. Наук.-Техн. Конференції (5-10 Червня 2015р., м.Одеса) ; Одес. Нац. Акад. Зв'язку Ім. О.С. Попова. – Одеса–Хмельницький : ХНУ, 2015. – 264 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.

Розраховано на наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області 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

Зміст

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

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

Й.Й. БЛИНСЬКИЙ, Б.П. КНИШ ТЕРМОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ ТА ЙОГО ФУНКЦІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ.....	67
А.А. ЗАПОРОЖЕЦ СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСА ГОРЕННЯ НА ОСНОВЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО КИСЛОРОДНОГО ЗОНДА.....	68
В.Х. КОРБАН, Д.В. КОРБАН, Л.Н. ДЕГТЯРЄВА, В.И. ВОЙТЮШЕНКО К ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОАКТИВНОГО АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ.....	71
А.Д. КУПКО, В.В. ТЕРЕЩЕНКО АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ УПРОЩЕННОГО МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ СИЛЫ СВЕТА.....	73
О.В. SHYUNKARENKO, M. ARICI, S.A. KRAVCHENKO, YU.V.USHENIN, G.V. BEKETOV APPLICATION OF SURFACE PLASMON RESONANCE ENHANCED EVANESCENT WAVE MICROSCOPY FOR NANO OBJECTS.....	76
В.В. ЩЕРБАК ВЗАЄМОДІЯ ЕЛЕКТРОННОГО СТРУМЕНЯ І ВИЩИХ СИНХРОННИХ ХВИЛЬ ПОЛІВ ВІДБИВНИХ ПЕРІОДИЧНИХ ҐРАТ.....	79
И.М. ВИКУЛИН, В.Э. ГОРБАЧЕВ, С.Н. ПОЛЯКОВ ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ОДНОПЕРЕХОДНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ.....	82
Ш.Д. КУРМАШЕВ, А.В. ВЕРЕМЬЕВА, П.Ю. МАРКОЛЕНКО ДАТЧИКИ РАДИАЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ.....	83
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	
О.В. АЛЕКСАШИН, В.В. ГОРКУН, К.Л. ШЕВЧЕНКО ПРИДУШЕННЯ ДЗЕРКАЛЬНИХ ЗАВАД В МОДУЛЯЦІЙНИХ ГЕТЕРОДИННИХ РАДІОМЕТРАХ ..	84
Р.М. ДЖАЛА, Б.Я. ВЕРБЕНЕЦЬ, А.Б. МИЦИК, М.І. МЕЛЬНИК, О.М. СЕМЕНЮК ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ГЛИБИНИ ЗАЛЯГАННЯ І ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ.....	87
В.Ю. КУЧЕРУК, К.В. ОВЧИННИКОВ, М.Д. МОЛЧАНЮК ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНО-ІНТЕРПОЛЮЮЧОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ ТОЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ ЗГАСАННЯ КОЛИВАНЬ ЗБУДЖЕНИХ В LC-КОНТУРІ.....	88
В.В. МАРТЫНЮК, В.В. КОТЕНЕВ ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ЗАЩИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ВОДЫ.....	90
А.А. ЯРЕМЕНКО, А.Г. ЛАКТИУХИНА, М.Б. ПРОЦЕНКО АНАЛИЗ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДВУХЭЛЕМЕНТНОЙ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ.....	91
А.В. ЯКИМЕНКО, М.Б. ПРОЦЕНКО АНАЛИЗ ПОЛОСОВЫХ СВОЙСТВ СОГЛАСУЮЩЕГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	92
В.В. ЩЕРБАК ШИРОКОПОЛОСНИЙ ПОГЛИНАЧ З НЕПРЕЦИЗІЙНИМИ ҐРАТАМИ.....	94
А.Н. ДЕГТЯРЕВ, В.Н. МИРЯНОВА АППРОКСИМАЦИЯ СИГНАЛОВ И ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЗИЧЕСКИ РЕАЛИЗУЕМЫХ ФИЛЬТРОВ ФУНКЦИЯМИ С ОГРАНИЧЕННЫМ СПЕКТРОМ.....	96
М.А. ФІЛІНЮК, Л.Б. ЛІЩИНСЬКА, О.О. ЛАЗАРЄВ, Д.В. БОНДАРІЮК, Д.О. КОЗІН ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ДВОПАРАМЕТРИЧНОГО ІНДУКТИВНОГО НЕГАСЕНСОРА НА L-НЕГАТРОНІ.....	98
TAMERLAN AMRANOVICH TSALIEV, ANNA IVANIVNA ARTEMENKO-DIDENKO PLANAR LOW PROFILE INVERSE L- AND C-SHAPED ANTENNAS.....	99
К.В. КУЦУК ЧИСЛЕННИЙ АНАЛІЗ СВОЙСТВ МОНОПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ МНОГОКОЛЬЦЕВЫХ ПРЕФРАКТАЛОВ.....	100
М.С. МИРОШНИЧЕНКО ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ.....	103
В.С. ОСАДЧУК, О.В. ОСАДЧУК, Я.О. ОСАДЧУК РАДІОВИМІРЮВАЛЬНИЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ СЕНСОР КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ.....	105
А.О. СЕМЕНОВ ПІДВИЩЕННЯ ККД РАДІОВИМІРЮВАЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ НА ОСНОВІ ТРАНЗИСТОРНИХ СТРУКТУР З ВІД'ЄМНОЮ ПРОВІДНІСТЮ.....	108

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

К.Ю. КОМАРОВ, А.А. СТОПАКЕВИЧ ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ WEB-СЕРВЕРА	154
В.А. ХАЙНАЗАРОВА, А.М. ТИГАРЕВ ВЫБОР ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАТАЛИЗОМ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....	156
БІОМЕДИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ	
N.I. ZAVOLOTNAYA, S.V. PAVLOV, R.H. ROVIRA, B.P. OLIYNICHENKO COMPUTER DIAGNOSTICS OF OPTICAL AND ANISOTROPIC STRUCTURE OF BLOOD PLASMA ON THE BASIS OF FUZZY SETS	159
Т.І. КОЗЛОВСЬКА, П.Ф. КОЛІСНИК, В.С. ПАВЛОВ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВООБИГУ ТА САТУРАЦІЇ КРОВІ.....	160
О.Г. РУДЕНКО, И.В. РУЖЕНЦЕВ, В.В. СЕМЕНЕЦ, В.В. ТОКАРЕВ КОМПЬЮТЕРНАЯ НЕИНВАЗИВНАЯ ПРЕДИКТИВНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СЕТЧАТКИ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ЧЕЛОВЕКА	162
Л.И. СТЕПАНОВА ОЦЕНКА ПОГЛОЩЕННОЙ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕЙ АНТЕННЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ	164
А.Т. ТЕРЕНЧУК, Ю.П. ГУЛЬЧАК, Р.В. СЕЛЕЗНЬОВА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ОРГАНІЗМУ.....	165
А.А. ТАРАНЧУК, О.І. СКОВРИГА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ БІОСИГНАЛІВ ПАЦІЄНТА	166
Н.В. ГЛУХОВА НЕЧІТКИЙ КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	168
А.П. МОТОРНИЙ, С.В. ТИМЧИК, С.В. КОСТШИН, К.С. НАВРОЦЬКА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ САНАТОРІЄМ.....	169
С.В. ПАВЛОВ, Д.В. ВОВКОТРУБ, Л.В. АБРАМЕНКО НЕЧІТКЕ ОБРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ПРОГРЕСУВАННЯ ПАТОЛОГІЙ СІТКІВКИ ОКА.....	171
Я.В. САВЕНКО, Є.А. НЕЛІН, Ф.М. РЕПА КОРЕЛЯЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ	173
Й.Й. БЛІНСЬКИЙ, А.Б. ГУРАЛЬНИК ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА МАТЛАВ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ	175
Р.М. ВИРОЗУБ, О.Л. БЛАНАР, О.Л. ЛАУГС, О.С. ЗЛЕПКО ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ В СУЧАСНИХ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ І ПРИЛАДАХ.....	177
Ю.П. ГУЛЬЧАК, Р.В. СЕЛЕЗНЬОВА, В.Ю.ГУЛЬЧАК КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА – ТРЕНАЖЕР ДЛЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ АНАТОМІЧНОЇ ФОРМИ ЗУБІВ.....	178
Л.Г. КОВАЛЬ, С.М. ЗЛЕПКО, С.В. ТИМЧИК, М.В. МОСКОВКО ТЕСТУВАННЯ І ВІДБІР ПЕРСОНАЛУ: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ.....	179
А.А. МАЛЬГОТА, В.В. МАРТЫНЕНКО, В.А. ПРОХОРОВ, В.А. ЗАВАДСКИЙ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕДРЕЙСОВЫХ МЕДОСМОТРАХ РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА	180
ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ ТА ТЕХНОЛОГІЯМИ	
В.В. СТРЕЛЬБИЦКИЙ НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАМЫ БЛОКА ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ РЭА.....	182
В.Б. РУСАЛОВСКИЙ, Т.Н. ЕРЫКАЛИНА, О.В. МАЙСТРЕНКО ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	185
М. В. ПОЛЄВА, С.М. КІЙКО, М.Б. ПРОЦЕНКО МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВИХ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО CDMA ЗВ'ЯЗКУ.....	187
Н.А. ПАТЛАЕНКО, Е.В. ОШАРОВСКАЯ, В.И. СОЛОДКАЯ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ С РЕКУРЕНТНЫМ АЛГОРИТМОМ СЖАТИЯ.....	189
О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, Л.О. КОВТУН, А.В. СПІВАК АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МАГНІТНОЇ ФРАКЦІЇ В РУДАХ	190
О.Ф. МАЗУРКЕВИЧ ПИТАННЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З КОЛЬОРОСПРИЙНЯТТЯ З ОГЛЯДУ НА ВИКОРИСТАННЯ ЇХ У ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗАСТОСОВАННЯХ.....	192

В.С. ГАВРОНСЬКИЙ, Н.М. ГАВРОНСЬКА РОЗРАХУНОК МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ ТКО РЕЗИСТОРІВ ПРИ ЇХ НАГРІВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ.....	194
А.В. ГОРОШКО, А.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, В.П. РОЙЗМАН ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ САМОЛЕТНОГО ОТВЕТЧИКА ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ	195
Я.Ю. СЕЛЕЗЕНЬ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА МОРСКОГО ПОИСКА И СПАСАНИЯ.....	198
Р.М. РУДКОВСЬКИЙ, О.П. ВОЙТЮК, В.В. МАРТИНЮК ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ІЗ БІЛЬШОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ.....	200
Л.В. КАРПОВА, І.В. ГУЛА IGBT ТРАНЗИСТОРИ ДЛЯ ЗАДАЧ КЕРУВАННЯ У СИЛОВІЙ ЕЛЕКТРОНІЦІ.....	202
Н.І. СВТУШЕНКО, Л.П. ЛЕОНОВА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕТАПІВ ОСВІТНЬОГО ПРОЕКТУ ЧЕРЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ШКІЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ЕЛЕКТРИКИ ТА МАГНЕТИЗМУ	203
Ю.П. ГУЛЬЧАК, А.Т. ТЕРЕНЧУК МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ВВЕДЕННЯ ДАНИХ ПК ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	205
С.І. БІЛОУСОВ ФРАГМЕНТ РАДІОКЕРОВАНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ.....	206
I.S. KUSHNIR INVARIANT CONTROL SYSTEM OF QUALITY OF WATER-COAL FUEL	207
С.С. ШАРГОРОДСЬКА, С.І. БІЛОУСОВ, О.В. ШВЕЦЬ СТРУКТУРА СУЧАСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ	210
Є.А. ЮРЧЕНКО, К.Л. ГОРЯЩЕНКО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ	211
А.А. СЕРГЕЕВ-ГОРЧИНСКИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ НАБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ.....	212
С.В. БЕХ, М.А. ТАРАНЕНКО, І.В. ТРОЦИШИН ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ МІСЦЕ В ІНФОМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В СУЧАСНИХ ПРИСТРОЯХ КОНТРОЛЮ.....	214
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
К.Д. ГУЛЯЄВ ТУНЕЛЮВАННЯ ІР-ТРАФІКУ КРИЗЬ ЕХ-МЕРЕЖУ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ КОМУТАЦІЇ В МЕЖАХ ВІРТУАЛЬНОГО КОМУТАЦІЙНОГО ЯДРА.....	217
О.В. БОНДАРЕНКО, Д.М. СТЕПАНОВ, О.О. ВЕРБИЦЬКИЙ ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОМОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОСЕРДЯ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНОЇ СОБІВАРТОСТІ.....	220
В.І. ТИХОНОВ, А.Р. ЛОВЧИКОВА АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ 4G В УКРАИНЕ.....	223
Ю.М. БОЙКО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ СХЕМ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ	224
С.В. СИДЕНЬ ПРИМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ.....	227
Т.Н. НАРЫТНИК БЕСПРОВОДНАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	228
Т.Н. НАРЫТНИК, П.Я. КСЕНЗЕНКО, П.В. ХИМИЧ, В.В. ВОЛКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МИТРИС И DOCSIS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ СЕТЕЙ VASKNAUL.....	231
А.Р. ВРУБЛЄВСЬКИЙ, І.П. ЛІСОВИЙ, Г.В. ПИЛИПЕНКО ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ НАВАВНТАЖЕННЯМ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	233
О.Б. ГОЛЕВИЧ, О.С. ПИВОВАР, І.В. ТРОЦИШИН РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯННЯ ДЕЯКИХ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ ПО КОРЕЛЯЦІЙНИМ ВЛАСТИВОСТЯМ ЇХ СИГНАЛІВ	236
О.Б. ГОЛЕВИЧ СПОСІБ ДЕТЕКТУВАННЯ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ В УМОВАХ ДІЇ ЗАВАД.....	238

С.С. КАМИНСКИЙ, Л.М. БОРЩЁВА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ	239
Ю.С. ГОРОХОВ, Д.Н. БЕКТУРСУНОВ, М.В. ЗАХАРЧЕНКО, В.В. КОРЧИНСЬКИЙ, Б.К. РАДЗИМОВСЬКИЙ ЗВ'ЯЗОК ПОТУЖНОСТІ ТАЙМЕРНОГО КОДУ З ЗАДАНИМ ЧИСЛОМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВІДРІЗКІВ І ЗНАЧЕННЯМ ТВІРНОГО ЕЛЕМЕНТА Δ	240
А.Г. ЛОЖКОВСКИЙ, О.В. ВЕРБАНОВ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ САМОПОДОБНОМ ТРАФИКЕ СЕТИ	242
О.А. ОРЯБИНСКАЯ, П.В. ИВАЩЕНКО СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ OFDM/QAM И OFDM/OQAM.....	244
І.О. АНТОНОВА, А.В. ЖМУРКО, С.В. ХОМИЧ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕМВН ПРОВОДОВИХ ТСП/ІР МАРШРУТИЗАТОРІВ	247
В.А. БАЛАШОВ, И.Б. БАРБА, Н.В. СЫТНИК ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ГАРМОНИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ОБОБЩЕННОГО КЛАССА	249
В.И. ОРЕШКОВ, В.Н. МОЛОГА ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ В СИСТЕМАХ G.FAST ПО ТЕЛЕФОННЫМ КАБЕЛЯМ ТИПА ТП	250
В.Л. БАНКЕТ, А.Д. ПЕРСИН ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ OFDM	251
Д.В. МИХАЛЕВСЬКИЙ, В.В. НОМИРОВСЬКА, О.М. ПОСТЕРНАК ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ СУМІЩЕНОГО КАНАЛУ ДЛЯ СТАНДАРТУ 802.11n	253
І.П. ЛІСОВИЙ, В.М. КОЛЧАР НАБЛИЖЕНЕ РІШЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ПРИСТРОЮ СИНХРОНІЗАЦІЇ МЕЖ ЕЛЕМЕНТАРНИХ СИГНАЛІВ В СТАЛОМУ РЕЖИМІ	254
А.О. ЧЕПОК ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭМ СИГНАЛА ВДОЛЬ ВОЛНОВОДА, СОСТАВЛЕННОГО ИЗ НАНОСФЕР БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	257
В.В. КОЗЛОВСЬКИЙ, А.В. МІЩЕНКО, В.С. КУЦЕНКО МЕТОДОЛОГІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В АВІАТРАНСПОРТНОМУ КОМПЛЕКСІ	259
И.А. СЕМИРЕНКО КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОБНАРУЖЕНИЮ УЯЗВИМОСТЕЙ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ	262
Э.М. МАММАДОВ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА АКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДОСТУПА И МЕСТ ДЛЯ ЕГО УСТАНОВКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ДОСТУПА НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА	264

А.А. ЗАПОРОЖЕЦ
Институт технической теплофизики НАН Украины
lektron2007@gmail.com

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО КИСЛОРОДНОГО ЗОНДА

Аннотация. Представлено новый технологический способ регулирования качества процесса горения в котлоагрегатах малой и средней мощности, который базируется на использовании широкополосных кислородных зондов.

Ключевые слова: воздушно-топливная смесь, кислородный зонд, коэффициент избытка воздуха, контроль, регулирование, горение

A. ZAPOROZHETS
Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine
lektron2007@gmail.com

COMBUSTION CONTROL SYSTEM BASED ON WIDEBAND OXYGEN PROBE

Annotation. Presented the new technological method of quality control of the combustion process in boilers of low and medium power which based on the using of the wideband oxygen sensors.

Keywords: air-fuel mixture, oxygen sensor, excess air ratio, control, combustion, regulation, boiler

Проблемы повышения эффективности использования топливных ресурсов и уменьшения выбросов вредных веществ особенно актуальны в тех отраслях промышленности, где сжигание большого количества топлива происходит с недостаточной полнотой и относительно низким КПД. К этой группе потребителей относятся котельные ЖКХ, промышленные предприятия и бытовые пользователи с котлами мощностью до 5 МВт.

Главной проблемой в области совершенствования сжигания топлива является необходимость одновременного решения сложных и часто взаимоисключающих задач: повышение экономичности процесса горения, уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу, снижение капитальных затрат при модернизации. Наиболее приемлемым решением данной задачи является использование систем управления процессом сжигания топлива и систем автоматического регулирования расхода воздуха, работа которых направлена на поддержку наиболее экономичного режима горения в топке котла.

Среди зарубежных систем автоматического регулирования качества процесса горения наибольшее распространение получили стационарные многофункциональные устройства, работа которых основана на использовании большого числа сенсоров (O_2 , CO , CO_2 , NO_x и др.) [1-2]. Такие системы не являются универсальными и могут быть использованы только вместе с котлами определенного типа. К тому же, большая стоимость данных устройств делает их неконкурентоспособными на отечественном рынке теплотехнического оборудования.

Достаточная актуальность и перспективность в настоящее время получили системы, использующие коэффициент избытка воздуха (КИВ, α) в качестве главного контролирующего параметра, который определяется путем измерения остаточного кислорода в дымовых газах.

Некоторое распространение на территории Украины получила адаптивная система тягодутьевыми механизмами котельных агрегатов ЭКО-3 [3]. Применение такого комплекса позволяет оптимизировать режим сгорания топлива с учетом фактических условий, режимов работы котлоагрегата и характеристики топлива, что позволяет повысить КПД котла на 2,6-3,9%. Однако сложность при инсталляции и высокая стоимость комплекса делает невозможным широкое применение в теплоэнергетической промышленности данного комплекса, доказывая тем самым необходимость создания адаптивной и недорогой системы регулирования качества сгорания воздушно-топливной смеси в котлоагрегатах.

В основу предлагаемого способа поставлена задача усовершенствования способа автоматического регулирования процесса горения в котлоагрегатах путем непрерывного измерения концентрации кислорода в дымовых газах с помощью кислородного зонда, контролирующего полноту сгорания топливных ресурсов независимо от количества поступающего газа в топку котла, и обеспечивает значительное повышение уровня энергосбережения системы котельной.

Поставленная задача решается тем, что в схеме автоматического регулирования процесса горения с применением частотно-регулируемых вентиляторов дутья и дымососов содержание кислорода в дымовых газах непрерывно измеряется с помощью кислородного α -зонда, размещенного в начале газового тракта дымохода. Далее происходит фиксирование результатов измерения зондовым α -индикатором с предварительно заданным стехиометрическим соотношением «воздух-топливо», а подача топлива к горелке корректируется по сигналам обратной связи от кислородного сенсора, при этом коэффициент избытка воздуха в дымовых газах поддерживается на постоянном уровне ($\alpha=1-1,1$).

Использование кислородного зонда в начале газового тракта дымохода имеет ряд преимуществ перед традиционными средствами газового анализа (газоанализаторами): увеличение точности измерения

концентрации остаточного кислорода, отсутствие систем отбора и подготовки пробы, стабильная работа и долгий срок эксплуатации, простота замены деталей без демонтажа, адаптация к инсталляции на разные типы тепловых агрегатов.

Коррекция подачи топлива к горелке по сигналам обратной связи от кислородного α -зонда позволяет поддерживать стехиометрическое соотношение «воздух-топливо» в топке котла, снизить уровень выбросов токсических веществ в атмосферу и повысить КПД котла путем недопущения нехватки или избытка воздуха в дымовых газах. Теоретические значения стехиометрического соотношения «воздух-топливо» для некоторых органических веществ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Стехиометрическое соотношение «воздух-топливо» углеводородов

Топливо	Хим. формула	Стехиометрическое соотношение		Топливо	Хим. формула	Стехиометрическое соотношение	
		объемное	массовое			объемное	массовое
Метан	CH ₄	17,20	15,60	Гексан	C ₆ H ₁₄	15,21	13,80
Этан	C ₂ H ₆	16,06	14,57	Гептан	C ₇ H ₁₆	15,14	13,74
Пропан	C ₃ H ₈	15,64	14,19	Ацетилен	C ₂ H ₂	13,25	12,02
Бутан	C ₄ H ₁₀	15,43	13,99	Пропин	C ₃ H ₄	13,77	12,49
Пентан	C ₅ H ₁₂	15,30	13,88	Этилен	C ₂ H ₄	14,75	13,38

Способ автоматического регулирования процесса горения в котлоагрегатах, который базируется на применении кислородного зонда, реализуется с помощью принципиальной схемы, изображенной на рис. 1.

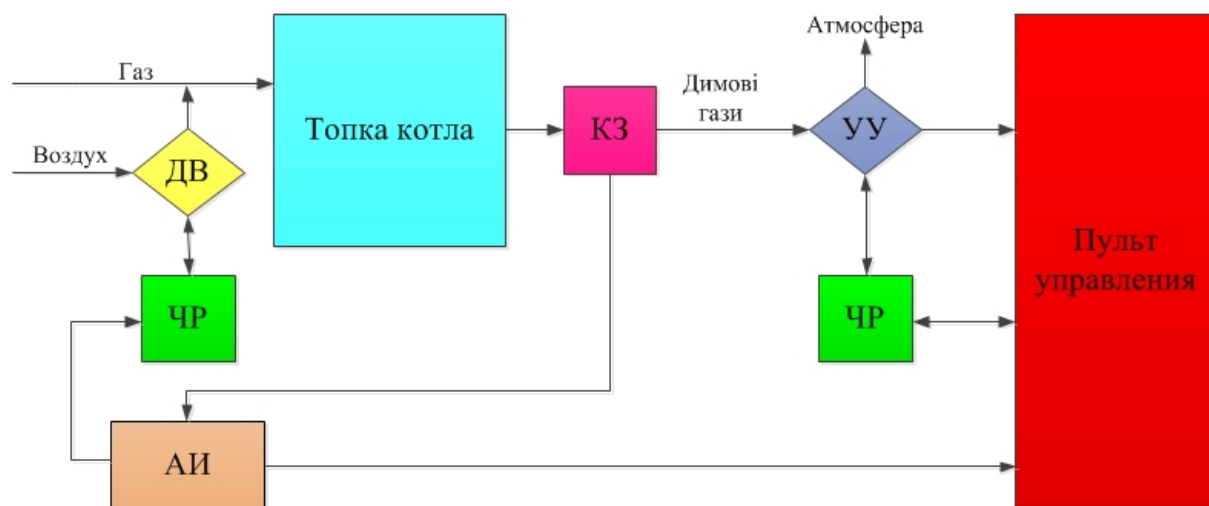


Рис. 1. Принципиальная схема автоматического процесса регулирования соотношения воздушно-топливной смеси горелки по сигналам α -зонда (ДВ – дутьевой вентилятор, ЧР – частотный регулятор, КЗ – кислородный зонд, АИ – альфа-индикатор, УУ – узел учета вредных веществ)

Предложенный способ реализуется следующим образом. Необходимое соотношение «воздух-топливо» в процессе эксплуатации котлоагрегата задается пультом управления (на основании таблицы 1) и сравнивается с текущим значением, полученным от кислородного зонда. Частотный регулятор при помощи изменения частоты выходного силового сети руководит электродвигателем дутьевого вентилятора подачи воздуха в топку котлоагрегата. Кислородный зонд, находящийся в начале дымового тракта, непрерывно анализирует и регистрирует содержание кислорода в дымовых газах, формируя информационный сигнал, напряжение которого характеризует величину коэффициента избытка воздуха α . Цифровой зондовый альфа-индикатор производит полученный от широкополосного кислородного зонда сигнал на линейке светодиодов и вместе с предварительно введенными данными о типе топлива образует сигнал, подаваемый на блок частотного регулятора, который в свою очередь изменяет режим работы вентилятора для коррекции подачи количества воздуха на горелку. Таким образом, коэффициент избытка воздуха поддерживается в постоянном диапазоне ($\alpha=1-1,1$). Узел учета вредных веществ служит для анализа и коррекции при помощи частотных регуляторов содержания токсичных веществ в дымовых газах.

Основной для создания автоматической системы регулирования избытка воздуха стал широкополосный кислородный зонд производства фирмы Bosch (рис. 2а). Главный узел системы регулирования качества процесса горения (рис. 2б) и его технические характеристики (таблица 2) приведены ниже. Более подробно о разработанной системе можно узнать в работе [4].



а)

б)

Рис. 2. Система регулирования процесса горения
(а – широкополосный кислородный зонд, б – главный узел)

Таблица 2

Главные технические характеристики системы регулирования качества процесса горения

Выходной сигнал измерительного зонда, В	+0,1...+5,0
Отклик системы, сек	0,1...0,3
Время подготовки работы системы, сек	≤30,0
Диапазон измерения коэффициента избытка воздуха	0,5...1,5
Относительная погрешность, %	3
Индикация результатов измерения	светодиодная

Техническая реализация и промышленное внедрение системы регулирования качества процесса горения в котлоагрегатах позволяет решить вопрос неразрушающей модернизации котлов малой и средней мощности путем совершенствования горелки системой автоматического регулирования соотношения воздушно-топливной смеси с использованием разработанного устройства. Такая комплексная реализация подхода позволит:

- реализовать непрерывную энергосберегающую работу котлоагрегата;
- уменьшить уровень выбросов оксидов азота;
- сэкономить расходы топливных ресурсов;
- снизить энергопотребление дутьевых вентиляторов и дымососов;
- повысить надежность работы механического и теплотехнического оборудования.

Литература

1. Patent № 5585547 USA, IPC G01N 27/26. Oxygen sensor probe for boiler / Ki S. Kim, Han S. Song, Geun C. Yum, Dae J. Ko (Rep. of Korea) – № 369537; fil. 5.01.1995; publ. 17.12.1996. – 8 p.
2. Patent № 7756591B2 USA, IPC G05B 13/02. System for optimizing oxygen in a boiler / J. Jia, S. Piche, H. Beaver (USA) – №11/680084; fil. 25.04.2006; publ. 13.07.2010. – 22 p.
3. Барский В.А. Адаптивная система управления тягодутьевыми механизмами котельных агрегатов ЭКО-3 / В.А. Барский, А.Е. Фришман, А.Ю. Лысенко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – №3. – 2012. – С. 199-201.
4. Бабак В.П., Запорожець А.О. Система контролю якості горіння повітряно-паливної суміші в котлоагрегатах малої та середньої потужності // В.П. Бабак, А.О. Запорожець – Методи та прилади контролю якості. – № 2 (33). – 2014. – С. 106-114.