

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ  
СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ



ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ



# ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІРТК-2016)

ДЕВ'ЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

17-18 травня 2016 р.  
Київ, Україна

ЗБІРКА ТЕЗ

Київ  
НАУ  
2016

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
NATIONAL AVIATION UNIVERSITY  
INSTITUTE OF INFORMATION AND DIAGNOSTIC SYSTEMS  
DEPARTMENT OF COMPUTERIZED ELECTRICAL  
SYSTEMS AND TECHNOLOGIES



ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



„INTEGRATED INTELLECTUAL  
ROBOTECNICAL COMPLEXES“  
(IIRTC-2016)

9<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNICAL  
CONFERENCE

MAY 17-18<sup>TH</sup>, 2016  
KYIV, UKRAINE

COLLECTED ARTICLES

KYIV  
NAU  
2016

УДК 004:621+681.5(063)

## МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Харченко В.П. в.о. ректора НАУ, д.т.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, м. Київ.

Члени комітету:

Васильєв А.Й. д.е.н., проф., Президент Інженерної академії України, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Міжнародної Інженерної академії, м. Харків.

Власенко В.О. д.т.н., проф., каф. технології університету Ополя, Республіка Польща.

Гусєв Б.В. д.т.н., проф., Президент Міжнародної Інженерної академії та Російської Інженерної академії, член-кор. РАН, м. Москва.

Квасніков В.П. д.т.н., проф., Заслужений метролог України, зав. каф. комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій НАУ, м. Київ.

Радєв Х.К. д.т.н., проф., зав. каф. технічного університету, м. Софія, Болгарія.

Черновол М.І. член-кор. Національної аграрної академії України, д.т.н., проф., ректор Кіровоградського НТУ, м. Кіровоград.

Острофські К. д.т.н., проф., декан Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Мічинські Я. д.т.н., проф., зав. каф. Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Хойніцкі Ю. Ph.D., проф., заст. декана Варшавського університету природничих наук, Республіка Польща.

Serhiy Kovela Ph.D., MBA, CTP Senior Lecturer, Department of Informatics and Operations Management Faculty of Business and Law Kingston University.

Yahya S.H. Khraisat Ph.D., Al\_Balda Applied University / Al-Huson University College, Irdan, Jordan.

Відповідальний редактор: Шелуха О.О.

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту інформаційно-діагностичних систем НАУ (протокол № 5 від 11 травня 2016 р.)

### **Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2016).**

Дев'ята міжнародна науково-практична конференція 17-18 травня 2016 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2016. – 310 с. (збірка тез)

Містить результати наукових, експериментальних та теоретичних досліджень вчених та аспірантів.

Матеріали можуть бути корисними науковим співробітникам, інженерно-технічним працівникам, аспірантам та студентам старших курсів вузів, що спеціалізуються в галузі автоматизованих систем управління робототехнічних комплексів та прогресивних інформаційних технологій.

© Національний авіаційний університет, 2016

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| <b>СЕКЦІЯ 1. Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси</b>   | 14 |
| <b>Kutia V., Jodkowski B.</b> Design of robotic 3d scanning system   | 15 |
| <b>Грабар І.Г.</b> Надчутливі датчики для роботизованих систем на основі перколяційно-фрактальних композитів   | 17 |
| <b>Демьянчук С.М.</b> Нейросетевой комплекс синтеза полинома Колмогорова-Габора  | 20 |
| <b>Ковалишин О.С.</b> Кінцевий автомат побудови розкладу медичних закладів   | 22 |
| <b>Марченкова С.В.</b> Структура та особливості діагностичних процедур системи керування мобільного робота   | 24 |
| <b>Осауленко І.А.</b> Інтегрована технологія управління розвитком міста  | 26 |
| <b>Рашкевич Ю.М., Пелешко Д.Д., Ізонін І.В., Батюк Д.А.</b> Забезпечення надвисокої роздільної здатності зображень в робототехнічних комплексах із підсистемою технічного зору   | 28 |
| <b>Рудик А.В.</b> Методи оцінки просторового положення об'єктів  | 31 |
| <b>Юрчук А.О., Варченко О.І.</b> Робототехнічні системи автоматизованого проектування  | 34 |
| <b>Шелуха О.О.</b> Система автоматизованого спостереження рухомих систем   | 37 |
| <b>Древецька В.В.</b> Застосування робототехніки в екологічних дослідженнях  | 39 |
| <b>Нахаба О.О.</b> Проведення польотів експериментальних тварин (щурів) на полікоптері НАУ ПКФ «Аврора» на висоту 700 метрів у відкритій кабіні для випробовування концепції персонального пасажирського полікоптерного флаєру | 41 |
| <b>СЕКЦІЯ 2. Авіаційна та космічна техніка</b>   | 43 |
| <b>Іонік А.</b> Advantage of open rotor engine   | 44 |
| <b>Karachun V.V.</b> The ДУСУ errors at a simultaneous action of tossing and ultrasonic radiation  | 46 |
| <b>Mel'nick V.N.</b> Effect of ultrasonic waves on the gyroscope gimbal  | 48 |
| <b>Дмитриев С.А., Потапов В.Е.</b> Построение нейросетевой математической модели ТРДД  | 50 |
| <b>Куц В.Ю.</b> Вычисление азимута в фазовых пеленгаторах  | 52 |
| <b>Сапегін О.М., Бугайов Д.В.</b> Програмна модель системи орієнтації на базі MAX21105   | 55 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Сапегін О.М., Романов М.О.</b> Програмна модель системи орієнтації на базі динамічно налагоджуваних гіроскопах   | 57 |
| <b>Сапегін О.М., Яресько С.С.</b> Дослідження похибок динамічно настроюваних гіроскопів на рухомій основі   | 59 |
| <b>Фесенко С.В., Шибецький В.Ю.</b> Дослідження особливостей поведінки циліндричної оболонки в ультразвуковому полі   | 61 |
| <b>Amelina A., Derets S.</b> Chernobyl disasater  | 63 |
| <b>Latsapnov V., Chebukin B.</b> Boeing 787 “Dreamliner” engine Rolls Royce Trent 1000  | 66 |
| <b>Yakymenko M.</b> Arresting gear  | 67 |
| <b>Tkachuk S.O., Pira D.M.</b> Causes of explosion at Chernobyl. April 26, 1986   | 68 |
| <b>Нахаба О.О., Харченко В.П.</b> Проведення польотів експериментальних тварин (щурів) на полікоптері НАУ ПКФ «Аврора» на висоту 700 метрів у герметичній кабіні для випробовування концепції персонального пасажирського полікоптерного флаєру | 70 |
| <b>СЕКЦІЯ 3. Вимірювальна техніка. Метрологія, стандартизація та сертифікація</b>   | 72 |
| <b>Panchenko O.O., Vasalatiy N.V., Kovalchuk V.V.</b> Nanometrology: Nanoparticles at the Solid State Matrix (optical aspect)   | 73 |
| <b>Kovalchuk V.V., Serbov N.G., Tsurkan O.V.</b> Nanometrology: Heterosystems at the Information Technology   | 76 |
| <b>Брагинец І.А., Кононенко А.Г., Масюренко Ю.А.</b> Применение фотоприемного устройства на основе лавинного фотодиода в высокоточных лазерных дальномерных системах  | 79 |
| <b>Брошук Ю.М., Стрілець О.Р., Стрілець В.М.</b> Пристрій і спосіб виготовлення профільної пружної втулки   | 82 |
| <b>Вітрук Р.О., Щербак Л.М.</b> Алгоритм усунення дрейфу ізоляції кардіограми, оснований на множинній модовій декомпозиції  | 85 |
| <b>Квасніков В.П., Возняковський А.О.</b> Принцип роботи та функціональна схема струнного акселерометра   | 88 |
| <b>Волянский Р.С., Волянская Н.В.</b> Формирование траекторий движения двухмассовой упруго-диссипативной системы  | 90 |
| <b>Філіппова М.В., Демченко М.О.</b> До питання точності визначення напруженого стану металу методом акусторушності   | 93 |
| <b>Єфименко М.В.</b> Вплив похибок ультразвукових витратомірів на економію енергоресурсів   | 94 |
| <b>Зайцев Є.О., Сидорчук В.Є.</b> Ентропійний підхід при оцінюванні результатів вимірювання моніторингових систем   | 96 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ігнатенко П.Л.</b> Аналіз методів вимірювання відхилень від циліндричності   | 99  |
| <b>Кваша О.М., Мартинюк Г.В.</b> Моделювання пуасанівського білого шуму   | 101 |
| <b>Кошевой Н.Д., Кошечая И.И., Рожнова Т.Г.</b> Сравнительный анализ электромеханических датчиков давления с цифровым выходом   | 103 |
| <b>Кришталь А.Ю.</b> Моделювання процесу синтезу білків   | 106 |
| <b>Кромпляс Б.А., Крутов С.Л., Нікітенко Д.В., Шиндер Д.С.</b> Корекція міжповіркового інтервалу перетворювачів вимірювальних параметрів електромереж на основі статистичних даних регламентних повірок | 108 |
| <b>Маленко О.С., Боровицький В.М.</b> Інтерферометр РОНКІ   | 112 |
| <b>Мартинюк Г.В., Марченко Н.Б., Щербак Л.М.</b> Конструктивна модель шумових сигналів і її основні характеристики  | 114 |
| <b>Муран Р.О., Древецький В.В.</b> Імітаційна $k$ - $\epsilon$ модель гідродинамічних процесів викликаних опорами моста   | 117 |
| <b>Порозова А.М., Волянский Р.С.</b> Процессы преобразования энергии в цепи ЧУА   | 119 |
| <b>Продан Д.І., Дуболазов О.В.</b> Дослідження характеристик поляризаційно-чутливого оптичного сенсора з наногратками   | 122 |
| <b>Косінський А.А., Реуцький Є.А.</b> Дослідження метрологічних відмов вимірювальних каналів технічних систем   | 123 |
| <b>Филоненко С.Ф., Аникиенко Б.И.</b> Амплитудно-энергетические параметры акустического излучения при изменении глубины резания композита   | 126 |
| <b>Шевчук П.Т.</b> Мікромеханічні датчики   | 128 |
| <b>Шевчук П.Т.</b> П'єзоелектричний акселерометр – основа вібродіагностики  | 131 |
| <b>Щербань А.П., Ларін В.Ю.</b> Обґрунтування необхідності використання систем контролю та управління в літій-полімерних акумуляторних батареях   | 133 |
| <b>Редько О.О., Мокійчук В.М., Запорожець А.О.</b> Дослідження альтернативного методу вимірювання концентрації кисню в повітрі  | 136 |
| <b>Кузьмич Л.В., Кузьмич А.А.</b> Сучасний стан механічних вимірювань витрат води та теплової енергії   | 139 |
| <b>Катаєва М.О.</b> Алгоритм виявлення аномальних відхилень при проведенні лінійно кутових вимірювань   | 141 |
| <b>Безвесільна О.М., Нечай С.О., Чепюк Л.О.</b> Вимірювання витрат біопалива термоанемометричним витратоміром   | 143 |
| <b>Безвесільна О.М., Ткачук А.Г., Чепюк Л.О.</b> Струнний акселерометр як чутливий елемент приладового комплексу стабілізації   | 146 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Безвесільна О.М., Хильченко Т.В., Чепюк Л.О.</b> Прецизійний чутливий елемент системи стабілізації складних навігаційних систем  | 149 |
| <b>Подчашинський Ю.О., Келембет О.Ю., Чепюк Л.О.</b> Фрактальна обробка відеозображень з вимірювальною інформацією про текстури природного походження   | 152 |
| <b>СЕКЦІЯ 4. Енергетика, електротехнічні системи, світлотехніка</b>   | 155 |
| <b>Martyniuk V.S.</b> Magnetolectric generator. Analysis of voltage regulating system   | 156 |
| <b>Данченков Я.В., Забейда Т.С.</b> Розробка та дослідження математичної моделі теплообмінника системи кондиціонування повітря  | 160 |
| <b>Данченков Я.В.</b> Дослідження та регулювання модульної котельної установки «УКРІНТЕРМ» в перехідних режимах   | 163 |
| <b>Данченков Я.В., Похілько І.В.</b> Розробка та дослідження автоматизованої системи керування процесом виробництва перегрітої пари в котлоагрегаті UL-S-IE 5000X13 високого тиску                                  | 165 |
| <b>Квасніков В.П., Ксьондзик О.С.</b> Повірка калібраторів змінної напруги  | 168 |
| <b>Кулик Н.І.</b> Математичне моделювання відбиваючої поверхні довільної форми з циліндричним джерелом світла в програмному середовищі МАТНЕМАТІСА  | 169 |
| <b>Михайленко В.В., Чуняк Ю.М., Лалак Б.О., Сова О.М.</b> Аналіз електромагнітних процесів у напівпровідниковому перетворювачі з двадцятиоднозонним регулюванням вихідної напруги і електромеханічним навантаженням | 171 |
| <b>Хрієнко К.С.</b> Перспективи використання рідких лінз в приладобудуванні   | 174 |
| <b>Квасніков В.П., Черняк О.І.</b> Проблеми сучасної енергетики   | 176 |
| <b>Шам О.М., Тетерін І.Д.</b> Аппроксимация кривої сили світла заданої дискретними значеннями у середовищі системи МАТНЕМАТІСА  | 179 |
| <b>Ванецян С.Г., Дев'яткіна С.С.</b> Експлуатаційний мінімум аеродрому цивільної авіації  | 182 |
| <b>СЕКЦІЯ 5. Інформаційні технології в приладобудуванні та машинобудуванні. Нафтогазові технології</b>  | 185 |
| <b>Аврука И.С.</b> Обзор основных мехатронных устройств для перемещения в трубопроводах   | 186 |
| <b>Аулин В.В., Замота Т.Н., Лысенко С.В.</b> Управление ресурсом машин совмещением технологий устранения макрогеометрических отклонений сопряжений и их триботехнического восстановления                            | 189 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Аулин В.В., Панков А.А., Стахорская А.Г.</b> Управление дозирующими устройствами в информатизированных системах земледелия                          | 193 |
| <b>Аулін В.В., Гриньків А.В.</b> Інформаційна технологія оцінки технічного стану об'єктів на основі теорії чутливостей функції                         | 196 |
| <b>Груша К.М., Клепач М.І.</b> Аналіз та моделювання автоматизованої системи регулювання процесу випарювання аміачної селітри                          | 198 |
| <b>Дяченко П.В., Охріменко К.Я.</b> Інтерфейс та загальні характеристики інструментальних засобів комп'ютерного моделювання динаміки коливних процесів | 199 |
| <b>Іванчук В.В.</b> Експериментальні дослідження автоматизованої системи управління установками відгонки і концентрування                              | 202 |
| <b>Капера С.С., Ащепкова Н.С.</b> Кинематический анализ манипулятора   | 204 |
| <b>Клепач М.І., Бігун М.А.</b> Адаптивне управління повітряного середовища приміщень   | 208 |
| <b>Монченко О.В., Коткова К.В.</b> Використання нанороботів в сучасній медицині  | 209 |
| <b>Кошевой Н.Д., Чистикова З.Э.</b> Использование алгоритмов имитации отжига и ближайшего соседа для оптимизации многофакторных планов эксперимента    | 212 |
| <b>Кучеров Д.П.</b> Реконфігурація мультисенсорної системи за умови впливу дестабілізуючих факторів  | 214 |
| <b>Мазур С.В., Стрілець О.Р., Похильчук І.О., Стрілець В.М.</b> Торцеві ущільнення з канавками на торці обертового кільця у вигляді спіралі Архімеда   | 215 |
| <b>Місяць А.С.</b> Застосування вихрових перетворювачів витрати у приладах обліку газу   | 218 |
| <b>Осовцев А.В., Бурау Н.І., Вознюк А.І.</b> Аналіз систем стабілізації обладнання на рухомих об'єктах   | 220 |
| <b>Монченко О.В., Печена В.Р.</b> Дослідження періодичних процесів в жіночому організмі  | 223 |
| <b>Реут Д.Т.</b> Пристрій визначення біологічних показників якості поверхневих вод   | 226 |
| <b>Сергеев-Горчинский А.А., Рогоза В.С.</b> Предварительная обработка значений ускорения в устройствах интерактивного ввода информации                 | 228 |
| <b>Соломатіна О.А., Павловський О.М.</b> Бездротові датчики на базі ESP8266  | 230 |
| <b>Квасніков В.П., Сташинський О.П.</b> Система підтримки прийняття рішень в комп'ютерному комплексі підтримки диспетчера ГТС                          | 232 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Стрілець О.Р.</b> Можливості багатосходинкових зубчастих диференціальних передач з замкнутими гідросистемами керувати швидкістю            | 234 |
| <b>Монченко О.В., Сурженко М.Ю., Суханова В.С.</b> Ідентифікація особистості за відбитками пальців  | 237 |
| <b>Чулков Т.Ю., Яковлев Б.С., Ащепкова Н.С.</b> Динамический анализ специализированного схвата манипулятора                                   | 239 |
| <b>Коваль А.О.</b> Електронний смартпот Click and Grow  | 241 |
| <b>Koval S.</b> Performing specialized laboratories   | 243 |
| <br>  |     |
| <b>СЕКЦІЯ 6. Захист інформації та телекомунікаційні системи</b>   | 245 |
| <b>Бабенко В.Г., Ланських Є.В.</b> Дослідження заміни операції для реалізації матричного криптографічного перетворення                        | 246 |
| <b>Бойченко О.В., Тупота Е.С.</b> Проблемы использования Trusted Platform Module в криптографической защите данных                            | 249 |
| <b>Гуцал Г.А.</b> Соціальний простір: чи потрібна межа між реальністю та мережею  | 250 |
| <b>Коваленко Ю.Б., Чабанюк Т.В.</b> Нейромережеві технології прийняття рішень управління складними соціотехнічними системами в реальному часі | 251 |
| <b>Коришева К.Г.</b> Багатокритеріальний аналіз системи Valgrind  | 255 |
| <b>Рябова Л.В., Самойленко М.Е., Щербак Т.Л., Німченко Т.В.</b> Восстановление смесей распределений в задачах идентификации личности          | 258 |
| <b>Ходячий В.В.</b> Майбутнє квантових комп'ютерів. Захист персональної інформації за допомогою їх  | 261 |
| <b>Часновський Є.А., Бабенко Ю.</b> Taint-аналіз як сучасний метод пошуку програмних уразливостей   | 263 |
| <b>Шувалов Р.В.</b> Захист інформаційних повідомлень. Переваги і недоліки криптографічного алгоритма RSA                                      | 265 |
| <b>Ряба О.</b> Модуль безпеки мережі на основі онлайн пасток  | 267 |
| <b>Ануфрієнко К.П., Корченко А.О.</b> Прогнозування в управлінні уразливостями програмного забезпечення                                       | 268 |
| <b>Безверха К.С., Кінзерявий В.</b> Міжнародний стандарт ISO/IEC 10118 «інформаційні технології. Методи захисту. Геш-функції»                 | 271 |
| <b>Горчилина Д.Д.</b> Додаток до Google Chrome для захищеного обміну повідомленнями в соціальних мережах                                      | 273 |
| <b>Денісов І.</b> Програмно-аналітична система оцінки захищеності ресурсів інформаційної системи  | 274 |
| <b>Атагельдиева Л.Ж., Жангисина Г.Д., Калимбетов Г.П.</b> Информационная безопасность в энергосистемах  | 275 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Концевий Д.С.</b> Програмний модуль захисту від вторгнень в інформаційну систему на основі нейромережових технологій  | 277 |
| <b>Краєвський М., Кищенко В.</b> Система захисту інформації в корпоративних мережах  | 279 |
| <b>Павлович П., Наджі А.</b> Метод захисту безпроводової сенсорної мережі в концепції IoT  | 281 |
| <b>Реп'ях К.Ю.</b> Методика оцінки захищеності інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах   | 282 |
| <b>Гнатюк С.О., Одарченко Р.С., Сидоренко В.М.</b> Аналіз методів розрахунку критичності інформаційних систем  | 284 |
| <b>Кінзерявий В., Степаненко І.В.</b> Алгоритм захисту програмного забезпечення від деобфускації   | 286 |
| <b>Фесенко А.</b> Прийняття рішень щодо ідентифікації та аутентифікації користувачів з використанням біометричної ідентифікації  | 289 |
| <b>СЕКЦІЯ 7. Економіка промисловості</b>   | 291 |
| <b>Серета Г.С.</b> Аналіз процесів фінансових ресурсів машинобудівного підприємства  | 292 |
| <b>СЕКЦІЯ 8. Військово-технічні проблеми та освіта</b>   | 294 |
| <b>Леонов В.В., Наливайко А.Д.</b> Методологічні підходи при програмно-цільовому плануванні розвитку системи озброєння   | 295 |
| <b>Леонов В.В., Наливайко А.Д.</b> Нові технології, нові системи озброєння, новий характер війн  | 298 |
| <b>Леонов В.В., Наливайко А.Д.</b> Методологічний та змістовний аспекти системного аналізу в воєнних дослідженнях  | 301 |
| <b>Філістєєв Д.А., Тішкін В.В., Голмач Г.А.</b> Шляхи подолання юридичних та технічних проблем досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювання військового призначення при використанні апаратури споживачів глобальних супутникових навігаційних систем | 305 |
| <b>Яковчук В.В., Куковський А.Г., Семчук П.П.</b> Інформаційна компетентність як педагогічна категорія   | 307 |

## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСНЮ В ПОВІТРІ

О.О. Редько<sup>1</sup> асп., В.М. Мокійчук<sup>1</sup> к.т.н., доцент, А.О.Запорожець<sup>2</sup> асп.

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, e-mail: ralex\_sh@mail.ru

<sup>2</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України

### Вступ

В даній роботі пропонується використувати підходи до порівняння альтернативного та стандартного методів вимірювання для випробувальних лабораторій, наведені у ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-6:2005 [1], в завданні визначення відповідності методу-претенденту встановленим вимогам.

### Основна частина

В роботі [2] було запропоновано використання поточного значення концентрації кисню в повітрі для визначення коефіцієнту надлишку повітря (КНП) при спалюванні палива в котлоагрегатах замість константи 21%.

В роботі [3] для підвищення точності визначення об'ємної концентрації кисню в повітрі було запропоновано використання непрямого альтернативного методу вимірювання, що представляє собою функціональну залежність, параметрами якої є характеристики метеорологічних умов.

Було проведено вимірювальний експеримент, який мав на меті порівняння результатів прямих вимірювань об'ємних концентрацій кисню у повітрі газоаналізатором із коміркою електрохімічного типу ОКСИ-5М ( $\Delta O_2 = \pm 0,1\%$ ), та непрямих – на основі аналізу метеорологічних параметрів: температури (метеорологічний психрометричний термометр ТМ4-1,  $\Delta T = \pm 0,2^\circ C$ ), абсолютного тиску (барометр-анероїд БАММ-1,  $\Delta P = \pm 20$  гПа) та відносної вологості ( $\Delta \varphi = \pm 3\%$ ). Результатом експерименту є 475 паралельних вимірювань концентрації кисню в повітрі та метеорологічних показників (по 3 щоденно в період з серпня 2015 по січень 2016 року).

Отримані результати прямих та непрямих значень концентрації кисню були сформовані у 25 груп (по 19 вимірювань в кожній). Розраховані медіанні оцінки значень концентрації кисню по групам приблизно відповідають часовому інтервалу в 1 тиждень.

В якості попередньої оцінки альтернативного методу, спершу було визначено довірчі границі отриманих медіанних оцінок вимірних значень по групам (вважаючи закон розподілу похибок нормальним), що являє собою абсолютну похибку багатократного вимірювання. Абсолютна похибка вимірювання кисню цим методом розраховувалась як для не відтворюваних непрямих вимірювань. Тому випадкову складову похибки вимірювання кисню знаходять як для прямих багатократних вимірювань, а систематичну складову похибки вимірювання визначають як для непрямих багатократних вимірювань.

Так як відсутня інформація про істинне значення вимірюваної величини і максимальна по групам гранична систематична похибка розрахункового

методу в 3,3 рази менша за відповідну похибку умовно стандартного методу, а гранична випадкова похибка в 2,6 разів більша, то отримані медіанні оцінки значень об'ємної концентрації кисню за обома методами не можуть бути рівнозначно співставленні. Тому для визначення можливості застосування альтернативного методу було розраховано границі спільних довірчих інтервалів по групам (виходячи з теорії множин) та визначено потрапляння в них медіанних оцінок отриманих за обома методами. У спільний довірчий інтервал потрапили всі значення медіанних оцінок груп визначених альтернативним методом та 28% значень медіанних оцінок груп виміряних стандартним методом не потрапили до нього.

Стандартні методики випробувань, як правило базуються на компромісних рішеннях: застосування для широкого діапазону характеристик і до широкого діапазону матеріалів; доступність обладнання та кваліфікація персоналу; вартість проведення вимірювань; відповідність правильності та прецизійності методу вимірювань вимогам користувача), – але можуть бути громіздкими для повсякденного використання. Тому випробувальними лабораторіями використовуються більш прості альтернативні методики, після їх порівняння зі стандартними.

Порівняння двох методів вимірювань, один з яких є стандартним, зводиться до встановлення різності показників прецизійності та/або правильності. Рішення про застосовність альтернативного методу приймається не на підставі результатів порівняння характеристик точності методів, а зважаючи на інші фактори (вартість робіт, наявність устаткування і т.д.) [1, 4].

Національний стандарт [1] рекомендує при порівнянні правильності та прецизійності двох методів вимірювань використовувати декілька зразків в залежності від діапазону рівнів вимірюваної характеристики, чутливості методу і т.п. В експерименті по вимірюванню об'ємної концентрації кисню в повітрі вважатимемо, що мав місце 1 рівень із значенням 20,79 %, що є рівним середньому по групам для обох методів.

Для обох методів необхідно провести експеримент по оцінці прецизійності (порівнянні її показників), для чого необхідно розрахувати стандартні відхилення повторюваності й стандартні відхилення відтворюваності для обох методів, попередньо визначивши достатню кількість лабораторій (в даному випадку розбиття на групи) та паралельних вимірювань (в даному випадку кількість послідовних значень в групах) із заданим рівнем значущості. Виходячи із гіпотези, що обидва методи претендують на статус стандартних, за критерієм Фішера порівнюють внутрішню лабораторну та загальну прецизійність обох методів між собою.

На другому етапі проводять експеримент по оцінці правильності, через визначення статистичної не значимості різниці між загальними середніми значеннями результатів експерименту по оцінці прецизійності (в даному випадку середнє значення по групам).

Підхід до визначення параметру різниці між зміщеннями двох методів вимірювань об'ємної концентрації кисню повинен виходити з допустимого значення поправки (абсолютної методичної похибки) значення КНП [2].

Національний стандарт [1] регламентує порядок підтвердження статусу методу вимірювання таким, що використовується у повсякденній практиці. Це досягається шляхом проведення квазіміжлабораторної програми випробувань, де замінюються лабораторії учасники (в даному випадку групи вимірювань) на час проведення вимірювань. Цей підхід полягає у довгостроковому експерименті для перевірки зміщення, прецизійності в умовах повторюваності та прецизійності в проміжних умовах. Тривалість проведення повинно бути не менше ніж міжпіврічний (МПП) або міжкалібрувальний інтервал засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

### **Висновки**

В даній роботі досліджений альтернативний метод вимірювання концентрації кисню в повітрі та запропонований підхід, який заснований на вказівках ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-6:2005 [1] до порівняння його із умовно стандартним методом, що полягає у використанні газоаналізатору.

В майбутньому планується представити результати порівнянь методів з метою визначення більш точного в залежності від значення поправки КНП, за умови зміни лише значення об'ємної концентрації кисню в продуктах горіння котлоагрегату.

З метою визначення застосовності альтернативного методу в повсякденній практиці планується провести довгостроковий вимірювальний експеримент, що полягатиме в паралельному щоденному вимірюванні метеопараметрів декількома комплектами ЗВТ (метеорологічного психрометричного термометру ТМ4-1 та барометру-анероїду БАММ-1) на одній рівнинній місцевості не менше ніж протягом року (МПП).

### **Література**

1. Точність (Правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 6. Використання значень точності на практиці (ГОСТ ІСО 5725-6 – 2003, ІДТ) [Текст]: ДСТУ ГОСТ ІСО 5725-6:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – С.32-40 – (Національний стандарт України).

2. Бабак В.П. Підвищення точності вимірювання коефіцієнту надлишку повітря в котлоагрегатах із застосуванням газоаналізаторів електрохімічного типу [Текст] / В.П. Бабак, А.О. Запорожець, О.О. Редько // Промислова теплотехніка. – 2015. – т.37, №1. – С. 82-96.

3. Запорожець А.А. Прогнозирование содержания кислорода в воздухе на основе влияющих метеорологических величин [Текст] / А.А. Запорожець, А.А. Редько // Труды 58-й научной конференции МФТИ, секция биофизики и биотехнологий, 23-28 ноября 2015 г., г. Москва-Долгопрудный-Жуковский: тез. докл. – (Режим доступу [http://conf58.mipt.ru/static/reports\\_pdf/79.pdf](http://conf58.mipt.ru/static/reports_pdf/79.pdf)).

4. Володарский Е.Т. Технические аспекты аккредитации испытательных лабораторий: монография [Текст] / Е.Т. Володарский, Л.А. Кошева. – Винница: ВНТУ, 2013 – С. 169-175.