

Зміст

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Виклики сучасної метрології <i>Неєжмаков П. І.</i>	14
Сучасний стан вимірювань маси в Україні <i>Колозінська І. О.</i>	15
Абсолютний метод термодинамічних високотемпературних вимірювань <i>Неєжмаков П. І., Назаренко Л. А., Терещенко В. В.</i>	16
Радіочастотні еталони України і нова SI-2019 <i>Васильєва О. М., Павленко Ю. Ф., Огар В. І.</i>	17
Проблеми медичної інфрачервоної термометрії <i>Неєжмаков П. І., Сліпушенко В. П., Пуцин Р. В.</i>	18

СЕКЦІЯ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ. АКУСТИКА, УЛЬТРАЗВУК, ВІБРАЦІЯ

Динамічні вимірювання як задача обертання керованих систем <i>Куценко О. С., Коваленко С. В.</i>	20
Точність рішень, отриманих методами комп'ютерного моделювання <i>Склярів В. В.</i>	21

СЕКЦІЯ 2.

ЗАКОНОДАВЧА МЕТРОЛОГІЯ ТА МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

Выборочная периодическая поверка бытовых счетчиков массового потребления в Литве <i>Тонконогий Ю.</i>	24
Peculiarities of CIPM MRA implementation by Azerbaijan Republic <i>Hasanov Y., Velychko O.</i>	25
Оперативне визначення складу повітря у виробничому приміщенні при деревообробці <i>Михайлов А. Г., Михайлова Н. А.</i>	26

Проблемні питання метрологічної діяльності в умовах реформування Національної метрологічної служби <i>Величко В. А., Колбасін О. І., Чепела В. М.</i>	27
Метод визначення періодичності контролю характеристик точності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) на підставі статистичного аналізу попередніх періодичних контролів сукупності ЗВТ, подібних за конструкцією та принципом дії <i>Єрмілов Д. О., Мазур В. С., Величко В. А.</i>	28
Концепція калібрування та простежуваності в Індустрії 4.0 <i>Васілевський О. М.</i>	29
Оцінювання впливів на довкілля вітроенергетичних установок упродовж їх життєвого циклу <i>Бойко Т. Г., Руда М. В.</i>	30
Особливості процедури калібрування вимірювальних систем на місцях експлуатації <i>Кричевець О. М.</i>	31
Вирішальні правила та рівні ризику при оцінці відповідності <i>Колбасін О. І., Маслова Н. М.</i>	32
Метрологічна мозаїка: поняття, процедури, статистика, терміни та... переклади <i>Колбасін О. І.</i>	33
Деякі особливості застосування ДСТУ ОІМЛ D 31:2018 при проведенні випробувань програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки <i>Півненко С. М.</i>	34
Про першочергові питання щодо укладення Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції («промисловий безвіз») <i>Будьонний М. М.</i>	35

СЕКЦІЯ 3.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЕЛИЧИНИ

Дослідження передавальних характеристик дискового ємнісного перетворювача в режимі збудження ультразвукових хвиль Релея <i>Ноздрачова К. Л., Слободчук А. Ю.</i>	38
Accurate time and ultrastable coherent frequency fibre infrastructure development in the Czech Republic <i>Vojtech J. et al.</i>	39

Оцінювання точності відновлення тривимірних радіозображень в інтерферометричній РЛС з ІСА в умовах впливу дестабілізуючих факторів <i>Братченко Г. Д., Смаглюк Г. Г., Коптелов М. О.</i>	40
Міжнародний досвід сертифікації професійних кваліфікацій у галузі електричної інженерії <i>Буданов В. О.</i>	41
Похибки від осьового зміщення трубок кондуктометричної диференційної комірки Джонса <i>Міхаль О. О., Мелещук Д. В.</i>	42
Покращення параметрів активних фільтрів для оброблення вимірювальних електричних сигналів від первинних перетворювачів сенсорів фізичних величин <i>Семенов А. О., Семенова О. О., Козін Д. О.</i>	43
Масштабування одиниці електричного опору в державному первинному еталоні України <i>Анікін В. В., Колбасін О. І., Маслова Н. М., Коробчанська О. І., Семеніхін В. С.</i>	44
Коригування міжкалібрувального інтервалу на прикладі мультиметра цифрового FLUKE 8508A <i>Колбасін О. І., Терещенко М. В.</i>	45
Метрологічна складова реалізації інноваційної концепції охорони здоров'я <i>Васильєва О. М., Веремієнко О. В., Коробчанська О. І.</i>	46
Про результати досліджень безлунневої камери наукового центру електромагнітних вимірювань ННЦ «Інститут метрології» <i>Макаров О. В.</i>	47
Шляхи модернізації системи радіочастотних еталонів України <i>Васильєва О. М., Павленко Ю. Ф.</i>	48
Метод калібрування трасошукачів <i>Огар В. І., Кирієнко С. Р.</i>	49
Аналіз та перспективи діяльності наукового центру електромагнітних вимірювань <i>Семеніхін В. С.</i>	50
Практичні аспекти проведення випробувань лічильників електричної енергії <i>Шевченко В. І., Маслова Н. М.</i>	51

Взаємозв'язок приймальної та передавальної рупорних антен у складі підповерхневого радіолокатора з покроковою зміною робочої частоти <i>Букін О.В., Логвінов Ю. Ф., Васильєва О. М., Дробна О. В., Дейнека І. І.</i>	52
---	----

СЕКЦІЯ 4. ПРОСТІР І ЧАС

Порівняльний аналіз характеристик компараторів кінцевих мір довжини <i>Величко В. А., Калініченко В. А., Карелін Ю. М.</i>	54
Аналіз вимог до точності апаратури для реалізації градієнтного методу визначення середнеінтегрального показателя преломлення повітря <i>Неєжмаков П. И., Купко В. С., Панасенко Т. А., Прокопов А. В., Склярів В. В., Шлома А. И.</i>	55
Аналіз точностних можливостей квадратурних формул для визначення середнеінтегрального групового показателя преломлення повітря <i>Неєжмаков П. И., Панасенко Т. А., Прокопов А. В., Шлома А. И.</i>	56
Оцінка невизначеності лінійних вимірювань, отриманих технологією ГНСС <i>Цюпак І. М., Тревого І. С.</i>	57
Особливості обробки результатів одночасних ГНСС-вимірювань на декількох пунктах метрологічного дальномірного базису <i>Купко В. С., Занимонський Е. М., Ныкель Г., Олейник А. Е., Задорожняя И. Н.</i>	58
Модифікація NTP сервера часу системи диференціальної корекції відповідно до схеми ANSI X9.95 <i>Солдатов В. В., Нарєжній О. П., Грінченко Т. О.</i>	59
Метрологічні аспекти розвитку стандарту PTP IEEE 1588 з метою поширення частоти і часу. Проект White Rabbit – нові можливості для України <i>Солдатов В. В.</i>	60
Проблеми забезпечення автономності при передаванні еталонних сигналів точного часу в Збройних Силах України: спосіб формування сигналу типу ToD при використанні сервера точного часу Microsemi Time Provider 4100 <i>Солдатов В. В., Дзисюк О. В., Бойко В. М., Гаврилов А. Б., Рарог Р. М., Світенко М. І.</i>	61
Оптимальна обробка даних у балістичному лазерному гравіметрі при дії корельованих завад <i>Омельченко А. В., Федоров О. В., Вінніченко О. І., Болюх В. Ф.</i>	62

Выбор метода калибровки координатно-измерительной техники для достижения необходимой точности <i>Сковородкина Ю. Н.</i>	63
Методы измерения линейных размеров наноструктур, используемых в международных сличениях <i>Неежмаков К. П.</i>	64
Импульсный лазерный дальномер для измерения расстояний в ближней зоне <i>Купко В. С., Приёмко А. А., Кравчук А. С.</i>	65
Development of a method for increasing the accuracy of measurements in the nanometer range <i>Kataieva M., Kvasnikov V., Kupko V.</i>	66
Структурна схема квантового гравіметра на холодних атомах <i>Яценко Л. П., Негрійко А. М., Романенко В. І., Ходаковський В. М., Мацнев І. В., Передерій О. О., Потьомкіна Ж. В., Удовицька О. Г., Неежмаков П. І., Вінніченко О. І.</i>	67
Мультичастотна лазерна система квантового гравіметра на холодних атомах <i>Ходаковський В. М., Негрійко А. М., Мацнев І. В., Передерій О. О., Яценко Л. П.</i>	68

СЕКЦІЯ 5.

МАСА ТА ПОВ'ЯЗАНІ З НЕЮ ВЕЛИЧИНИ.

ВИТРАТОМЕТРІЯ

Regulatory and technical aspects of the introduction of gas accounting in energy units in Ukraine <i>Kuz M., Zamikhovskiy L., Kuz H., Shulha V.</i>	70
Потоковий резонансний густиномір природного газу <i>Петришин І. С., Бас О. А., Присяжнюк Л. О.</i>	71
Information properties of Hilbert-Huang modes in multichannel pressure measurements <i>Poliarus O., Poliakov Ye., Medvedovska Ya., Yanushkevich S., Chmuzh M.</i> ..	72
Оцінка зносу артилерійських стволів за акустичними сигналами пострілів <i>Добринін С. В., Максимов М. В., Болтьонков В. О.</i>	73
Інтелектуальна система розпізнавання координат джерела звукового сигналу <i>Пукальський О. Б.</i>	74

Перевірка професійного рівня: калібрування колб мірних для медичних лабораторій	
<i>Величко В. А., Чепела В. М., Новомодний О. М., Коржов І. М.</i>	75
Удосконалення термокаталітичного методу для контролю якості природного газу	
<i>Шинкарук Х. М., Чеховський С. А.</i>	76
Звірення національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу	
<i>Петришин І. С., Середюк Д. О., Бас О. А., Гулик В. Я.</i>	77
Сучасні тенденції розвитку термоанемометрії у сфері обліку природного газу	
<i>Середюк О. Є., Криницький О. С., Ткачук В. В.</i>	78
Measuring the complex reflection reflector of shear acoustic signals	
<i>Хакімов О., Мутінов Н.</i>	79
Звірення еталонів одиниці витрати рідини як дієва міра забезпечення єдності вимірювань при обліку ресурсів у системах тепло- і водопостачання	
<i>Зайцева О. О., Чердниченко С. В., Ісхакова О. Б., Грішанова І. А.</i>	80
Метрологічне забезпечення лічильників рідини: первинні еталони витрати рідини або установки на основі еталонних мірників	
<i>Несєжмаков П. І., Народницький Г. Ю.</i>	
81 Аналіз впливних чинників на результат при вимірюванні натуре зерна	
<i>Колозінська І. О., Паценко О., Букало О., Чернікова А., Солодуха Т.</i>	82
Особливості проведення робіт з оцінки відповідності приладів для визначення натуре зерна	
<i>Колозінська І. О., Паценко О., Букало О., Чернікова А., Солодуха Т.</i>	83
Моделювання визначення нанотвердості тонких поверхневих плівок	
<i>Склярів В. В., Довженко Я. С., Ащєнков В. О.</i>	84
Особливості використання вантажопоршневих манометрів	
<i>Зуєв О. В., Любецький С. Г.</i>	85

СЕКЦІЯ 6.

ФОТОМЕТРІЯ ТА РАДІОМЕТРІЯ

Система керування світлодіодами для дослідження методів змішування кольорів в інтелектуальних системах освітлення	
<i>Калустова Д. О., Корнага В. І., Олійник О. С., Рибалочка А. В.</i>	88

Compact reference UVC LED source <i>Nikanenka S., Danilchuk A., Lutsenko E.</i>	89
Измерение относительного пространственного распределения излучения источников света с помощью модифицированного фотометрического шара <i>Скумс Д. В., Ерошенко Б. В.</i>	90
Калібратор медичних пірометрів «ТЕНЗОР-40» <i>Шабашкевич Б. Г., Добровольський Ю. Г., Тюменцев В. А.</i>	91
Диференціальний прилад для вимірювання коефіцієнта емісії поверхні <i>Воробйов Л. Й., Декуша Л. В., Декуша О. Л., Ковтун С. І., Іванов С. О.</i> ..	92
Спектрорадіометрична установка для дослідження та калібрування радіаційних термометрів <i>Несєжмаков П. І., Назаренко Л. А., Терещенко В. В.</i>	93
Дослідження фотобіологічної безпечності світлодіодних ламп та світильників для загального освітлення <i>Шпак С. В., Кожушко Г. М., Кислиця С. Г., Сахно Т.</i>	94
Про сучасний метод оцінки енергетичного технічного світлового виходу скінтіляторів <i>Гриньов Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленська О. В., Любинський В. Р., Міцай Л. Й., Молчанова Н. І., Тарасов В. О.</i>	95
Дослідження абсолютних значень спектральної густини світловимірювальних ламп <i>Гур'єв М. В., Говорова К. В.</i>	96
Калібрування люмінесцентного вимірювача енергії імпульсного лазерного випромінювання <i>Балабан В. М., Мунтян К. І., Тимофеев Є. П.</i>	97
Дослідження самокалібрувальних трап-детекторів <i>Литвиненко А. С., Несєжмаков П. І., Тимофеев Є. П., Дюмін Е. С.</i>	98
Дослідження джерел невизначеності відтворення одиниці яскравості <i>Купко О. Д., Шлома А. І., Терещенко В. В.</i>	99
Контроль якості перетворювачів сонячного випромінювання <i>Бондаренко Л. І., Дюмін Е. С.</i>	100
Разработка и внедрение технологии изготовления долгоживущих активных элементов гелий-неоновых лазеров метрологического назначения <i>Когановский А. П., Невров В. Ю.</i>	101

Вдосконалення методів і засобів вимірювання світлових характеристик світлодіодів <i>Ляшенко О. М., Литвиненко А. С., Неєжмаков П. І., Тимофєєв Є. П., Купко О. Д.</i>	102
Оцінка освітленості дитячих майданчиків <i>Діденко О. М., Назаренко Л. А., Любченко М. А.</i>	103
Вплив рівня освітленості при визначенні кольоропередавання джерел світла <i>Білик О. В.</i>	104

СЕКЦІЯ 7. ТЕРМОМЕТРІЯ

Особливості вимірювання температури коротких теплових імпульсів <i>Туз Ю. М., Козир О. В.</i>	106
Simulation of system for reproduction of high intensity heat flux <i>Kovtun S., Dekusha O., Dekusha L., Vorobiov L.</i>	107
Пристрій для дослідження стану вологи в неоднорідних матеріалах <i>Іванов С. О., Воробйов Л. Й., Декуша Л. В., Декуша О. Л.</i>	108
Вдосконалення метрологічного забезпечення температурних вимірювань термоелектричними термоперетворювачами в робочих умовах експлуатації <i>Микийчук М. М., Сулима О. С.</i>	109
Порівняльний аналіз метрологічних характеристик термомігрометрів, що використовуються для контролю мікроклімату в умовах поширення COVID-19 <i>Філь С. В., Юр'єв А. О.</i>	110
Національний еталон одиниці енергії згорання <i>Сліпушенко В. П., Поляков В. В., Музичишин Б. І.</i>	111
Комп'ютеризована система вимірювання параметрів навколишнього середовища <i>Сліпушенко В. П., Пуцин Р. В., Сумцов А. О.</i>	112
Випромінювач для калібрування ІЧ систем та сенсорів <i>Сліпушенко В. П., Сумцов А. О.</i>	113
Еталонний випромінювач для медичної ІЧ термометрії <i>Сліпушенко В. П.</i>	114

Ефективність використання ВВКМ для високотемпературних випромінювачів <i>Гурін І. В., Колосенко В. В., Гуйда В. В., Буколов О. М., Сліпушенко В. П.</i>	115
Калориметричний міст із нелінійною фільтрацією <i>Ламеко О. Л., Сліпушенко В. П.</i>	116
Результаты метрологических исследований установки термостабилизации эталонных мер сопротивления <i>Иванова Е. П., Филь С. В., Юрьев А. О.</i>	117
Багатофункціональний циркуляційний термостат <i>Пилип'юк В. Є., Сліпушенко В. П., Музичишин Б. І.</i>	118
Прецизійні позиціонери для метрологічних робіт <i>Тригуб'як Т. Р., Сліпушенко В. П., Расчектаєва А. І.</i>	119

СЕКЦІЯ 8. ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Пристрої для визначення напрямку на точкові постійні та імпульсні джерела гамма-випромінювання <i>Андрєєв Ф. М., Осипчук А. В., Стервоєдов М. Г.</i>	122
Оцінювання невизначеності вимірювання альфа/гамма-відношення сцинтиляторів <i>Гриньов Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленська О. В., Любинський В. Р., Міцай Л. Й., Тарасов В. О.</i>	123

СЕМІНАР НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ: НАУКОВІ, ПРИКЛАДНІ, НОРМАТИВНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ (UM-2020)

Impulse response measurement technique in the monitoring condition of the equipment <i>Barashkova T., Shirokova V.</i>	126
Instrumental uncertainties accounting in identification of nonpolynomial calibration dependence <i>Botsiura O., Zakharov I., Semenikhin V.</i>	127
Active methods in teaching measurement uncertainty <i>Bukrieieva O., Medvedovska Ya.</i>	128

Оценивание данных дополнительных сличений KOOMET <i>Бурмистрова Н. А., Чуновкина А. Г., Звягин Н. Д.</i>	129
Uncertainty of the straight-line estimated by linear regression method <i>Warsza Z., Puchalski J.</i>	130
Features of calibration of frequency comparators <i>Velychko O., Shevkun S., Dobroliubova M., Meshcheriak O.</i>	131
Метрологічний аналіз удосконаленого методу еластографії кровоносних судин <i>Витвицька Л. А., Лаврук Х. З., Чуйко М. М., Витвицький З. Я.</i>	132
Применение концепции неопределенности измерений при пересмотре методики аттестации прибора Эльмендорфа <i>Владимирова Т. М., Истомина Ю. А.</i>	133
ІВС та невизначеність отримуваних результатів <i>Володарський Є. Т., Добролюбова М. В., Кошева Л. О.</i>	134
Прикладні аспекти використання кореляційного аналізу для розрахунку невизначеності <i>Григоренко І. В., Григоренко С. М., Жук О. В.</i>	135
Поправки: вводити или не вводити? <i>Данилов А. А.</i>	136
Компетентність персоналу як складова невизначеності калібрування <i>Єременко В. С., Мокійчук В. М.</i>	137
Разработка правил принятия решений о соответствии с учетом неопределенности измерений <i>Ефремова Н. Ю.</i>	138
О влиянии системного воздействия тропосферы и ионосферы Земли на форму траектории электромагнитного сигнала и точность ГНСС-измерений <i>Занимонский Е. М., Прокопов А. В., Олейник А. Е.</i>	139
Розробка методики оцінювання невизначеності при калібруванні секундоміра електронного <i>Засядько В. М.</i>	140
Measurement uncertainty evaluation by kurtosis method at micrometer calibration <i>Zakharov I., Botsiura O., Tsybina I., Zakharov O.</i>	141
Оцінювання невизначеності вимірювань при калібруванні гирі <i>Захаров І. П., Боцюра О. А., Паценко О. М.</i>	142

Невизначеність вимірювань при виконанні кількісного хімічного аналізу насіння соняшнику <i>Захаров І. П., Чуніхіна Т. В., Папченко В. Ю., Матвєєва Т. В.</i>	143
Оценка неопределенности результатов испытаний по электромагнитной совместимости <i>Князев В. В., Сафнюк Г. Ю.</i>	144
Метод оцінювання невизначеності відновлення динамічних характеристик в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах <i>Коваль А. О., Медведовська Я. С., Лебединський А. В., Петрукович Д. Є., Діденко Н. В., Янушкевич С. Д.</i>	145
Верифікація методик випробування внутрішньолабораторним способом <i>Коцюба А. М., Коцюба Л. Г.</i>	146
Метрологічні особливості визначення з підвищеною точністю густини нерафінованих олій <i>Кузьменко Ю. В., Мельник Д. М., Мінченко О. А., Голодняк В. О., Демидов І. М., Півень О. М., Шевченко В. І., Смородський Д. А., Хасанов В. В.</i>	147
Виразення невизначеності вимірювань фазового зсуву сигналів <i>Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю., Левченко О. Е., Редька М. О.</i>	148
Калибровка средств измерений и неконфлюэнтность <i>Левин С. Ф.</i>	149
О периодичности поверки и калибровки средств измерений <i>Левин С. Ф.</i>	150
Основні помилки при оцінці невизначеності вимірювань <i>Малецька О. Є., Артюх С. М., Бурдейна В. М., Черняк О. М.</i>	151
Неопределенность пробоотбора: опыт решения задачи в испытательных лабораториях <i>Миранович-Качур С. А.</i>	152
Можливості застосування СМК Marle при вивченні студентами курсу «Оцінка точності методів вимірювань» <i>Моценко І. О., Нікітенко О. М., Сергієнко М. П.</i>	153
Об участии ННЦ «Институт метрологии» в международном научном проекте GeoMetre <i>Неежмаков П. И., Купко В. С., Прокопов А. В., Панасенко Т. А., Шлома А. И.</i>	154
Розширена невизначеність вимірювань при калібруванні гір <i>Новосьолов О. А.</i>	155

About a new concept diagram for the measurement process and related terms <i>Pavese F.</i>	156
Неруйнівний контроль – галузь застосування обернених задач <i>Повгородній В. О.</i>	157
Оцінювання невизначеності геометричних параметрів та місткості сферичних і циліндричних поверхонь за просторовими координатами на них <i>Самойленко О. М.</i>	158
Калибровка горловин автоцистерн <i>Семенюк Д. Ю.</i>	159
Оцінювання невизначеності калібрування еталонних лічильників малих типорозмірів на природному газі <i>Середюк О. С., Криницький О. С., Ткачук В. В., Жонса М.</i>	160
Метрологическое подтверждение пригодности средств измерительной техники на основании калибровки <i>Триш Р. М., Черняк Е. Н., Гринченко А. С., Каницкая И. В.</i>	161
Неопределенность манометрического метода определения влажности волокнистых материалов <i>Хакимов О. Ш., Муминов Н. Ш., Хамидов Ж. А.</i>	162
Developing unsupervised ensemble learning method for detecting anomalies of computer systems <i>Sheverdin I., Gavrylenko S.</i>	163
Способи урахування невизначеності при побудові лінгвістичних шкал <i>Яремчук Н. А., Семенюк Р. С.</i>	164

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

ВИКЛИКИ СУЧАСНОЇ МЕТРОЛОГІЇ

Несжмаков П. І.

Харків, Україна

Keywords: *new SI, digital transformation, virtual metrology.*

Ключові слова: *нова SI, цифрова трансформація, віртуальна метрологія.*

Анотація

Розвиток метрології в останні десятиріччя відбувався в конкретних технічних напрямках. Він був викликаний потребами національних економік, які необхідно було підтримувати розвитком національних еталонів. На міжнародному рівні визнання національних еталонів забезпечувалося завдяки імплементації Угоди CIPM MRA.

Сучасні проблеми метрології суттєво відрізняються за своєю природою. Вони викликані вже регіональними або навіть глобальними проблемами і, як правило, вимагають залучення декількох технічних дисциплін. Вирішення цих великих проблем вимагає посилення міждисциплінарної співпраці на міжнародному рівні між НМІ та міжнародними організаціями, які мають відповідну технічну компетенцію.

До суттєвих викликів сучасності, які потребують метрологічної уваги, належать: охорона здоров'я, альтернативна (безвуглецева) енергетика, кліматичні зміни, охорона навколишнього середовища, безпека харчових продуктів, Індустрія 4.0 та адитивне виробництво, цифрова трансформація економіки, квантові одиниці SI, криміналістика.

Серед питань, які розглядаються, а саме: ступінь реалізації та технологічні бар'єри на шляху впровадження нової SI, перевизначення секунди на основі оптичних переходів і пристосування інфраструктури для підтримання й поширення нового визначення секунди, простежуваність результатів дистанційних калібрувань, використання цифрових сертифікатів калібрування, віртуальна метрологія та віртуальні еталони, використання прогнозованих моделей для перевірки результату калібрування або придатності засобу для конкретного використання, надійність моделей та якість отриманих даних, визначення узгодженого та прийняттого формату для передавання метаданих на основі одиниць системи SI, забезпечення довіри до цифрових інфраструктур і штучного інтелекту (AI), розробка ЗВТ, що підтримуються AI, визначення процесів і послуг, які створюють значні бар'єри для впровадження інновацій, а також виявлення можливостей цифрових технологій для зменшення чи усунення цих бар'єрів.

СУЧАСНИЙ СТАН ВИМІРЮВАНЬ МАСИ В УКРАЇНІ

Колозінська І. О.
Харків, Україна

Keywords: *mass measurements, technical light output, conventional unit of light output.*

Ключові слова: *вимірювання маси, перевизначення кілограма, одиниця маси, еталон одиниці маси, простежуваність.*

Анотація

У цій роботі описано сучасний стан вимірювань маси в Україні.

Розглянуто існуючу метрологічну структуру, яка забезпечує підтримання єдності вимірювань і метрологічної простежуваності у галузі вимірювання маси та її окремі складові. Виконано аналіз переваг і недоліків сучасної структури метрологічного забезпечення. Розглядається роль національного (державного первинного) еталона одиниці маси як основи простежуваності при вимірюваннях маси у країні.

Рішенням 26 Генеральної конференції Міжнародного бюро з мір та ваг було здійснено перевизначення основних одиниць вимірювання системи SI, у тому числі кілограма. Кілограм визначається за допомогою сталої Планка у поєднанні з фіксованими значеннями частоти незбуреного основного стану з надтонкою частотою переходу атомів цезію (^{133}Cs) і швидкості світла у вакуумі. Перехід на нове визначення кілограма відбудеться поетапно. Розглядається вплив перевизначення кілограма та використання первинних реалізацій одиниці маси на подальший стан забезпечення єдності вимірювань в Україні, розглядаються можливі труднощі та проблеми при переході на нове визначення кілограма.

АБСОЛЮТНИЙ МЕТОД ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Несжмаков П. І., Назаренко Л. А., Терещенко В. В.
Харків, Україна

Keywords: radiation, spectrum, thermometer, spectral sensitivity, spectral filter.

Ключові слова: випромінювання, спектр, термометр, спектральна чутливість, спектральний фільтр.

Анотація

У МТШ-90 температура (T_{90}) вище температури тверднення міді (1357,77 К) реалізується за допомогою закону Планка і однієї з реперних точок: срібла, золота або міді як референсних:

$$\frac{L_{\lambda,s}(T_{90})}{(L_{\lambda,s}T_{90}(x))} = \frac{\exp(c_2/\lambda T_{90}(x)) - 1}{\exp(c_2/\lambda T_{90}) - 1},$$

де x відноситься до будь-якої однієї з реперних точок, $L_{\lambda,s}(T_{90})$ і $(L_{\lambda,s}T_{90}(x))$ – спектральна густина яскравості абсолютно чорного тіла на довжині хвилі λ при температурі та відповідно.

Щоб зменшити невизначеність температури вище точки тверднення C_u , бажано мати інтерполяційну шкалу, кращу за існуючу. Цього можна досягти за допомогою додаткових високотемпературних абсолютних чорних тіл на реперних точках із високою відтворюваністю. А термодинамічну температуру їх фазових переходів повинно бути оцінено з найнижчою можливою невизначеністю, наприклад, за результатами вимірювань термодинамічної температури засобами абсолютної радіометрії. Метод прямого вимірювання з використанням фільтрового радіометра в режимі освітлення має малу невизначеність і може бути застосований для тестування відмінності МТШ-90 від термодинамічної температури. Проте незображуючий фільтровий радіометр потребує теплового джерела випромінювання з апертурою приблизно 20 мм.

Більш практичним є вимірювання спектральної яскравості, реалізоване оптичними зображуючими системами, такими як радіаційний термометр, оснащений лінзами, який дозволяє вимірювати випромінювання малих отворів реперної порожнини. Високоточний радіаційний термометр LP 4 використовується для вимірювання температури реперних чорних тіл із малою апертурою. Інтерполяція між реперними точками виконується за рівнянням Сакума-Хатторі.

РАДІОЧАСТОТНІ ЕТАЛОНИ УКРАЇНИ І НОВА SI-2019

Васильєва О. М., Павленко Ю. Ф., Огар В. І.
Харків, Україна

Keywords: *uncertainty, standard, reference method, fundamental physical steels, radio frequency measurements.*

Ключові слова: *невизначеність, еталон, референтна методика, фундаментальні фізичні сталі, радіочастотні вимірювання.*

Анотація

Еталонна база України в галузі електромагнітних вимірювань становить 18 національних еталонів, з яких 10 створені й зберігаються в ННЦ «Інститут метрології», 8 – у ДП «Укрметртестстандарт». У сфері радіочастотних вимірювань Україна створила 7 національних еталонів, які всі знаходяться в ННЦ «Інститут метрології». Аналізуються зв'язки між еталонами галузі, питання системності й узгодження еталонів між собою. Розглянуто простежуваність одиниць, відтворених еталонами, до фундаментальних фізичних сталей (ФФС), які становлять основу нової SI, прийнятої у 2019 році. У зв'язку з піднятими на рівні МБВМ питаннями первинності та ієрархії еталонів, що введені у Міжнародному словнику з метрології VIM-3 нових термінів (референтна методика, валідація, кілька значень терміну «реалізація»), розглянуто ці питання стосовно еталонної бази України й висловлено точку зору ННЦ «Інститут метрології». Показано, що базовими еталонами, які пов'язують усю систему з SI-2019, є еталони на ефекті Джозефсона, квантовому ефекті Холла, ядерному магнітному резонансі та еталони часу. Стверджується, що всі державні еталони України в галузі радіочастотних вимірювань простежуються до ФФС і побудовані з використанням первинних референтних методів. Складові невизначеності відтворених одиниць проаналізовано й оцінено кількісно. Це дає підстави стверджувати, що радіочастотні еталони України повністю відповідають новій SI-2019.

Розглядається рівень метрологічних характеристик і функціональних можливостей радіотехнічних еталонів України, а також напрямки їх подальшого вдосконалення відповідно до філософії SI-2019, зокрема подальше впровадження квантових і цифрових технологій.

ПРОБЛЕМИ МЕДИЧНОЇ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ТЕРМОМЕТРІЇ

Несажмаков П. І., Сліпушенко В. П., Пуцин Р. В.
Харків, Україна

Keywords: *medical infrared thermometry, measurement methods, COVID-19.*

Ключові слова: *медична інфрачервона термометрія, методики вимірювань, COVID-19.*

Анотація

Скринінг підвищеної температури тіла є ефективним методом діагностики виявлення випадків захворювання COVID-19. Вимірювання температури тіла контактним методом за допомогою клінічних скляних та цифрових термометрів забезпечує необхідну точність на рівні $\pm 0,1$ °C, але є трудомістким та існує ризик перехресного інфікування. Альтернативою цьому методу є безконтактний метод вимірювання за допомогою медичних інфрачервоних (МІЧ) термометрів. Принцип дії цих термометрів базується на вимірюванні ІЧ випромінювання, інтенсивність якого є функцією температури тіла. Для скринінгу температури тіла в Україні застосовують три типи МІЧ термометрів: вушні, лобні та тепловізійні МІЧ системи. Але на точність результатів їх вимірювань впливає ряд факторів, а саме: температура детектора, якість комплектуючих виробів, їх параметри змінюються з часом та залежать від температури; конструктивні та схемні рішення. Крім того, на точність результатів вимірювань впливає випромінювальна спроможність поверхні тіла людини та співвідношення між температурою поверхні окремих частин тіла й температурою тіла. Вплив цих показників повинен визначатися виробником та відображатися в експлуатаційній документації.

В Україні при вирішенні питань придбання МІЧ термометрів основним критерієм є комерційний показник. МІЧ термометри не проходять оцінку відповідності за метрологічними характеристиками, тому більша їх частина мало придатна для практичного застосування. Для вирішення питання коректного застосування МІЧ термометрів необхідно: відмінити дію Постанови КМУ від 10 липня 2019 року № 592, розробити нормативні документи стосовно вимог до метрологічних характеристик МІЧ лобних термометрів та МІЧ тепловізійних систем, розробити методики та робочі еталони для перевірки МІЧ термометрів.

СЕКЦІЯ 1.
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ.
АКУСТИКА, УЛЬТРАЗВУК, ВІБРАЦІЯ

ДИНАМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ЯК ЗАДАЧА ОБЕРНЕННЯ КЕРОВАНИХ СИСТЕМ

Куценко О. С., Коваленко С. В.
Харків, Україна

Keywords: *dynamic measurements, controlled system, inversion problem, measuring process, polynomial approximation.*

Ключові слова: *динамічні вимірювання, керована система, задача обернення, вимірювальний процес, поліноміальна апроксимація.*

Анотація

Розглядається процес динамічних вимірювань змінних фізичних величин. При динамічних вимірюваннях ключову роль відіграють динамічні характеристики засобів вимірювальної техніки.

Передбачається, що математична модель вимірювального каналу відома і являє собою лінійну стаціонарну динамічну систему з одним входом і одним виходом. На вхід системи надходить вимірюваний фізичний процес, а на виході має місце результат вимірювань, як правило, у вигляді цифрового коду. Таким чином, завдання вимірювання зводиться до відновлення вхідного сигналу динамічної системи за відомим виходом. Така інтерпретація проблеми динамічних вимірювань відповідає одній із класичних задач теорії управління – задачі обернення або інвертування.

В теорії управління розв'язання задачі обернення, як правило, ґрунтується на знаходженні зворотного оператора вихідної динамічної системи. При реалізації методу зворотних операторів виникає багато проблем, серед яких слід відзначити проблеми стійкості, фізичної можливості бути реалізованим, грубості та коректності зворотних операторів. Загалом перераховані проблеми не дозволяють знайти практично реалізоване розв'язання задачі знаходження зворотного оператора в задачі управління.

Пропонується шукати розв'язання задачі обернення вимірювального процесу в класі поліноміальних сигналів на вході й на виході. Показано, що існує досить просте розв'язання задачі інвертування в середовищі поліномів. Серед багатьох видів поліноміального представлення сигналів основну увагу приділено поданням сигналів у вигляді кубічних сплайнів. Отримані прості співвідношення, що зв'язують коефіцієнти сплайнів на вході й на виході вимірювального комплексу, а також умови стикування по першій і другій похідних у вузлових точках. Розв'язання задачі в цьому випадку звелось до розв'язку перевизначеної лінійної системи рівнянь методом псевдообернення. Запропоновано програмний комплекс для розв'язання задач вимірювання методом обернення.

ТОЧНІСТЬ РІШЕНЬ, ОТРИМАНИХ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Склярів В. В.
Харків, Україна

Keywords: *computer simulation, complex structures, analytical evaluation, FEM.*
Ключові слова: *комп'ютерне моделювання, складна структура, аналітичне рішення, МСЕ.*

Анотація

Розвиток наукових, у тому числі метрологічних досліджень, пов'язаний зі значним ускладненням сучасних промислових об'єктів. Аналітичні методи розрахунків базуються на математичних методах вирішення крайових задач. Ці методи зазвичай обмежені досить простими формами тіл і схем навантаження. Для розрахунку та рішення складних систем аналітичні методи вичерпали свій ресурс, оскільки добре відомі ті межі, в яких можна одержати аналітичний результат. Крім цього, існує й інша проблема, яка полягає в тому, що витрачаються значні ресурси для досліджень, пов'язаних із часовими, енергетичними і людськими ресурсами. У всіх цих випадках дуже ефективним є комп'ютерне моделювання. Насправді комп'ютерне моделювання не є новим, але впровадження його у процес дослідження та розрахунку складних і багатокомпонентних систем виводить його на новий рівень, що дає можливість одержати нові результати, яких неможливо досягти аналітичними способами. Екстремальні умови роботи сучасних складних систем, багатокомпонентність геометричної конфігурації та нерегулярність фізичної структури роблять винятково дорогим здійснення натурального експерименту, особливо якщо мова йде про визначення граничних (до меж руйнації) навантажень. Найчастіше єдиною можливістю розв'язання науково-прикладного завдання є комп'ютерне моделювання із застосуванням сучасних розрахункових комплексів.

При застосуванні сучасних розрахункових комплексів для вирішення метрологічних завдань (моделювання вимірювальних процесів, розрахунки характеристик складових частин національних еталонів) важливим елементом є точність отриманих результатів, погодження їх із результатами, які отримані аналітичним розрахунком із застосуванням класичних рівнянь, та дані, отримані при проведенні експериментальних досліджень.

Метою роботи є демонстрація (на окремих прикладах) погодження модельних результатів із результатами, які отримані аналітичними методами.

**СЕКЦІЯ 2.
ЗАКОНОДАВЧА МЕТРОЛОГІЯ
ТА МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО.
ФІЗИЧНА ХІМІЯ**

ВЫБОРОЧНАЯ ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПОВЕРКА БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ МАССОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЛИТВЕ

Тонконогий Ю.
Каунас, Литва

Keywords: sampling periodical verification, utility meters.

Ключевые слова: выборочная периодическая поверка, счетчики массового потребления.

Аннотация

Выборочная периодическая поверка (далее ВП) газовых, электрических и водяных счетчиков массового потребления рекомендуется различными нормативными документами (Рекомендации OIML и Стандарты ISO, Европы и отдельных европейских стран).

ВП основана на статистическом анализе. Метрологическое состояние контрольной группы (далее КГ) однородных счетчиков оценивается по результатам проверки соответствия установленным требованиям каждого из случайным образом отобранных счетчиков. Размер выборки на порядок меньше размера КГ. ВП позволяет резко сократить время и стоимость периодического контроля сравнительно с традиционной 100% поверкой.

В Литве ВП счетчиков газа введена в 2008 г. С 2016 г. ведется ВП счетчиков электричества. Изучается вопрос о применении ВП к счетчикам воды.

Методики ВП для счетчиков газа и электричества разработаны Литовским энергетическим институтом и утверждены Министерством энергетики. Принципы и общее содержание ВП одинаковы для всех трех видов счетчиков. Основные различия связаны с особенностями каждого из видов.

Разработанные методики ВП соответствуют ISO 2859-2:2003 и гарантируют желаемое качество поверки, характеризуемое параметром «предельное качество», которое определяется по OIML TC 3/SC 4 CD3:2010 и не превышает 8%.

ВП осуществляется аккредитованной лабораторией при участии собственника счетчиков. Собственник под контролем лаборатории формирует КГ. Лаборатория выбирает план ВП, определяет состав выборки счетчиков, включая запасные счетчики, и определяет погрешности всех отобранных и доставленных в лабораторию счетчиков. Определяется соответствие выборки счетчиков требованиям используемого плана и пригодность или непригодность всей КГ. По результатам составляется сертификат пригодности или справка о непригодности всей КГ.

PECULIARITIES OF CIPM MRA IMPLEMENTATION BY AZERBAIJAN REPUBLIC

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ УГОДИ CIPM MRA АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЮ РЕСПУБЛІКОЮ

Hasanov Y.¹, Velychko O.²

¹Baku, Azerbaijan; ²Kyiv, Ukraine

Keywords: *measurement, comparison, standard, calibration and measurement capability, national metrology institute.*

Ключові слова: *вимірювання, звірення, еталон, калібрувальні та вимірювальні можливості, національний метрологічний інститут.*

Abstract

Participation in The Mutual Recognition Agreement (MRA) of the International Committee on Weights and Measures (CIPM) offers great opportunities for recognition in other countries of the results of calibration and measurements performed by National Metrology Institutes (NMIs). The Azerbaijan Republic signed the Metric Convention in 2015. The Azerbaijan Institute of Metrology (AzMI) also signed the CIPM MRA in 2015. Within the framework of the CIPM MRA AzMI participated and continues to participate in 9 international comparisons of national standards (1 is key comparison and 8 are supplementary comparisons) from 2012 to 2019 in 4 measurement areas (EM, M, RI, T). The results of 5 comparisons are published in the Key Comparison Database (KCDB) of the International Bureau on Weights and Measures (BIPM) already for EM (COOMET.EM-K6.a), M (COOMET.M.V-S1, COOMET.M.M-S4, and COOMET.M.P-S5), and T (COOMET.T-S2). AzMI has COOMET Certificate QSF-R53 on recognition of a quality management system according to ISO/IEC 17025 standard given 01/31/2018 until 01/31/2023 for EM, M, RI, T. AzMI has total 25 published entries of calibration and measurement capabilities (CMC) in KCDB BIPM: 24 for temperature (T) in 2020 and 1 for viscosity (M.V) in 2018. The Institute has the ability to prepare for the publication of CMC entries for EM (using published in 2016 results of COOMET.EM-K6.a comparison of AD/DC voltage transfer standards) and M (using published in 2019 results of COOMET.M.M-S4 comparison of mass standards and published in 2018 results of COOMET.M.P-S5 comparison of gauge pressure). The Institute also can prepare for the publication of CMC entries for RI (using future results of COOMET.RI(I)-S3 comparison of the national standards of air kerma for X-radiation quantities used for radiation protection and diagnostic radiology), EM (using future results of COOMET.EM-S19 comparison of electric resistance standards), and M (using future results of COOMET.M.D-S1 comparison for density of liquids and COOMET.M.FF-S7 comparison for liquid volume).

IN-PROCESS DETERMINATION OF THE COMPOSITION OF AIR IN THE PRODUCTION ROOM DURING WOODWORKING

ОПЕРАТИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ПОВІТРЯ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ ПРИ ДЕРЕВООБРОБЦІ

Михайлов А. Г., Михайлова Н. А.
Харків, Україна

Keywords: measurement, technology, industry, air, device.

Ключові слова: вимірювання, технологія, промисловість, повітря, прилад.

Анотація

У деревообробній промисловості проблема оцінки запиленості й безпека роботи в приміщеннях при деревообробці мають важливе значення. Оскільки вологість деревини, що обробляється, також впливає на показники запиленості, завдання комбінованого контролю рівня вологості та запиленості є актуальним.

Типові цифрові вимірювачі пилу TM-data, призначені для вимірювання масової концентрації дрібнодисперсійного пилу в атмосфері, не можуть повністю оцінити міру забруднення приміщення. Підключення додаткових надвисокочастотних вологомірів M-Sens дозволяє виміряти як вологість, так і товщину ущільненої маси деревних відходів (стружка, тирса, деревний пил) на різних поверхнях.

У запропонованій структурній схемі гібридної системи дані вимірювачів запиленості TM-data і значення вологості ущільнених частинок, які отримані за допомогою пристроїв типу M-Sens, надходять в обчислювальний пристрій (ОП).

На основі цих даних, при перевищенні допустимої концентрації деревного пилу у зваженому стані, ОП видає сигнал для підвищення вологості та включення туманогенератора ТЕ. Аналіз даних і результати функціонування системи виводяться на пристрій відображення інформації УВІ.

Запропонована структурна схема гібридної системи дозволить оперативно оцінювати параметри дрібнодисперсійного пилу і контролювати вологість ущільнених частинок деревних відходів за допомогою включення туманогенератора для зменшення запиленості й поліпшення умов роботи.

PROBLEM ISSUES OF METROLOGICAL ACTIVITY IN THE CONDITIONS OF REFORMING THE NATIONAL METROLOGICAL SERVICE

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТРОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ

Величко В. А., Колбасін О. І., Чепела В. М.
Харків, Україна

Keywords: *technical regulation, measurement, standard, measuring instrument, risk.*

Ключові слова: *технічне регулювання, вимірювання, еталон, засіб вимірювальної техніки, ризик.*

Анотація

Практика роботи в умовах частих змін у законодавстві в сфері технічного регулювання, а також стандарту ISO 17025:2017 висвітила деякі проблемні питання, пов'язані з ідентифікацією груп ЗВТ згідно з міжнародною класифікацією видів вимірювання, неоднозначним трактуванням терміну «засоби вимірювальної техніки, які застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології», процедурними питаннями повірки медичних приладів із функцією вимірювання, неоднозначністю положень деяких нормативно-правових актів щодо порядку застосування стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів тощо.

Окремої уваги заслуговують питання, пов'язані зі встановленням та регулюванням процедур, що замінюють «добровільну повірку» ЗВТ та «атестацію» випробувального і допоміжного обладнання з функціями вимірювання, а також підходи до визначення процедур перевіряння (підтвердження відповідності) технічних характеристик приладів, що не є ЗВТ, але робота яких явно чи неявно пов'язана з вимірюванням та нормуванням величин (наприклад, холодильники, термостати, джерела живлення тощо).

Крім того, розглядаються питання, пов'язані з ризик-орієнтованим підходом до метрологічних робіт з метою їх оптимізації, серед яких особливо вирізняється обґрунтування встановлення та перегляду міжкалібрувального інтервалу.

У доповіді проведено аналізування вищезгаданих питань та запропоновано деякі шляхи їх вирішення, що базуються на практичній діяльності Метрологічного центру ДП «Харківстандартметрологія».

PERIODICITY CONTROL METHOD FOR DETERMINING ACCURACY CHARACTERISTICS OF MEASURING INSTRUMENTS (MI) BASED UPON THE STATISTICAL ANALYSIS OF PREVIOUS PERIODIC CONTROL OF TOTALITY MI, SIMILAR IN DESIGN AND PRINCIPLE OF OPERATION

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ (ЗВТ) НА ПІДСТАВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПОПЕРЕДНІХ ПЕРІОДИЧНИХ КОНТРОЛІВ СУКУПНОСТІ ЗВТ, ПОДІБНИХ ЗА КОНСТРУКЦІЄЮ ТА ПРИНЦИПОМ ДІЇ

Срмілов Д. О., Мазур В. С., Величко В. А.
Харків, Україна

Keywords: measurement, measuring instrument, control accuracy characteristics.

Ключові слова: вимірювання, засіб вимірювальної техніки, контроль характеристик точності.

Анотація

Якість продукції, що виробляється підприємствами, прямим чином залежить від якості вимірювань, за допомогою яких контролюються як технологічні параметри виробничих процесів, так і характеристики та властивості виробів. А враховуючи той факт, що такі вимірювання не належать до сфери законодавчо регульованої метрології, використовувані при їх проведенні ЗВТ не піддаються повірці. Виробник, що дбає про якість продукції свого підприємства, на добровільних засадах піддає такі ЗВТ контролю з метою підтвердження їхньої придатності до застосування (відповідності вимогам, встановленим у ЕД).

Періодичність такого контролю обумовлена економічними чинниками і ризиками використання непридатного ЗВТ.

У доповіді запропоновано метод визначення максимального проміжку часу між двома періодичними контролями з використанням статистичного аналізу результатів перевірок та калібрувань ЗВТ, що можуть бути згруповані за певними показниками.

Цей метод може бути використано для початкового визначення міжкالیбрувального інтервалу, оскільки, на відміну від рекомендацій ІЛАС-G 24/OIML D 10, він базується не на підставі прогнозів щодо очікуваної тривалості та жорсткості умов експлуатації ЗВТ, а враховує результати контролю характеристик похибки ЗВТ тих самих типів або їхніх аналогів.

КОНЦЕПЦІЯ КАЛІБРУВАННЯ ТА ПРОСТЕЖУВАНOSTІ В ІНДУСТРІЇ 4.0

Васілевський О. М.
Вінниця, Україна

Keywords: *calibrations, measurement uncertainty, traceability, Industry 4.0, smart sensors.*

Ключові слова: *калібрування, непевність вимірювань, простежуваність, Індустрія 4.0, інтелектуальні сенсори.*

Анотація

Результати цифрової трансформації в метрології та Індустрії 4.0 чітко відображені в розвитку технології смарт-сенсорів. Застосування метрологічних принципів для сенсорних мереж у Індустрії 4.0 призводить до декількох проблем із калібруванням та простежуваністю. Впровадження метрології в Індустрію 4.0 означає, що можливості калібрування повинні бути розширені для сенсорів із цифровим вихідним сигналом. Це вимагає нових концепцій щодо генерації часових позначок для сигналів від сенсорів. У першу чергу це важливо для динамічного калібрування. Причина полягає в тому, що надійне калібрування зміни фази в сигналі сенсора є важливим елементом для залежних від часу вимірюваних величин. У типових для Індустрії 4.0 додатках сенсори забезпечують цифрові, залежні від часу вихідні сигнали та мають внутрішні можливості обробки сигналів. Це ускладнює калібрування фази сигналу, оскільки внутрішнє вимірювання часу сенсора не керується системою калібрування, що вимагає нових концепцій для калібрування таких сенсорів.

Одним з варіантів реалізації онлайн калібрування є додаткове використання сигналу GPS для отримання точного значення часу. При підключенні зовнішнього сигналу часу на вихідні значення сенсора можна накласти абсолютні, простежувані значення часу. Завдяки доступним таким чином вимірним значенням сенсора з простежуваним значенням часу сенсор можна динамічно калібрувати з використанням традиційних підходів, включаючи його фазову характеристику. Завдяки використанню MEMS сенсорів, сигналу GPS та спеціальної плати мікроконтролера «Smart-Up-Unit», яка може вмістити один або декілька сенсорів MEMS і має можливості підключення до зовнішніх простежуваних таймерів для забезпечення попереднього опрацювання вимірюваних даних у реальному часі, з'являється можливість онлайн калібрування. Відкалібрований таким чином сенсор можна під'єднувати до веб-сервісів, що спрощує інтеграцію в Індустрію 4.0 та Інтернет речей.

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WIND TURBINES DURING THEIR LIFE CYCLE

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВІВ НА ДОВКІЛЛЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК УПРОДОВЖ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Бойко Т. Г., Руда М. В.

Львів, Україна

Keywords: *renewable energy sources, wind power plant, life cycle, ecosystem states, eco-points.*

Ключові слова: *відновлювальні джерела енергії, вітроенергетична установка, життєвий цикл, стани екосистеми, еко-бали.*

Анотація

Оцінено вплив вітроенергетичних станцій на компоненти довкілля з урахуванням низки їх параметрів, зокрема технічних характеристик вітроенергетичних установок, характеристик мереж, інженерних та інших споруд. Для цього визначено межі дослідження вітроенергетичних установок, встановлені мета і предмет дослідження, а також виконано опис життєвого циклу вітроенергетичних установок з урахуванням (інвентаризацією) всіх необхідних матеріалів і ресурсів. Розроблено сценарії поводження з відходами, застосування яких даватиме змогу знизити шкідливий вплив на довкілля. На основі інвентаризації та вхідних даних щодо досліджуваної вітроенергетичної станції згенеровано діаграму – дерево процесів життєвого циклу вітроенергетичної установки для визначення потенційних впливів на довкілля. Визначено перелік категорій впливу, якими представлено навантаження на довкілля, спричинене вітроенергетичною установкою, а також для кожної категорії визначено відносний вклад шкідливих чинників з урахуванням можливих сценаріїв поводження з відходами. За всіма потенційними впливами на довкілля побудовані екологічні профілі. Після нормалізації та визначення значущості (зважування) отримано окремі оцінки всіх показників та їх розподіл за трьома категоріями уражень: здоров'я людини, якість екосистеми і ресурси, а також чотирма етапами життєвого циклу вітроенергетичної станції: виробництво, демонтаж і утилізація, експлуатація, транспортування і встановлення. Отримані профілі дали змогу визначити окремі показники і еко-індикатори, виражені в еко-балах, які характеризують досліджувану вітроенергетичну станцію. Кінцевою метою оцінювання є розроблення заходів з метою оптимізації діяльності людини щодо забезпечення мінімального ступеня її негативного впливу на екологічне середовище.

THE PECULIARITIES OF THE CALIBRATION PROCEDURE OF MEASURING SYSTEMS AT THE PLACES OF OPERATION

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕДУРИ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА МІСЦЯХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Кричевець О. М.
Львів, Україна

Keywords: *measuring channel, measuring system, calibration, sensitivity coefficients, uncertainty of input values, uncertainty of output values.*

Ключові слова: *вимірювальний канал, вимірювальна система, калібрування, коефіцієнти чутливості, невизначеність вхідних величин, невизначеність вихідних величин.*

Анотація

03.07.2019 р. введено в дію Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо імплементації актів законодавства Європейського Союзу у сфері технічного регулювання», зокрема, до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», яким скасовано процедуру добровільної повірки, що проводилася для ЗВТ, у т.ч. для автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Водночас Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» передбачено (ст. 37, п. 1) проведення у добровільному порядку калібрування ЗВТ, які застосовуються у сфері та/або поза сферою законодавчо регульованої метрології.

Швидкий перехід до процедури калібрування ЗВТ з часу дії вищезазначеного Закону ускладнений із таких причин:

- відсутність нормативно-правової та методичної бази, яка регламентує процедуру калібрування ЗВТ;
- неготовність замовників до сприйняття процедури калібрування ЗВТ;
- відсутність достатнього досвіду фахівців для проведення процедури калібрування ЗВТ;
- новий характер процедури калібрування ЗВТ, введеної новим законодавством, вносить певні труднощі відносно вимірювальних каналів вимірювальних систем.

У доповіді розглядаються підходи до процедури калібрування вимірювальних систем на місцях експлуатації з урахуванням рекомендацій документів СОOMET та особливостей умов експлуатації систем, наводяться результати калібрування вимірювальних систем різних типів.

ВИРІШАЛЬНІ ПРАВИЛА ТА РІВНІ РИЗИКУ ПРИ ОЦІНЦІ ВІДПОВІДНОСТІ

Колбасін О. І., Маслова Н. М.
Харків, Україна

Keywords: *measurement uncertainty, probability distribution, conformity assessment, decision rule, guard band, risk.*

Ключові слова: *невизначеність вимірювання, закон розподілу ймовірності, оцінка відповідності, вирішальне правило, захисна смуга, ризик.*

Анотація

Впровадження ризик-орієнтованого мислення у метрологічну діяльність потребує аналізування та оптимізації ризиків щодо прийняття рішень при проведенні оцінки відповідності калібрувальними та вимірювальними лабораторіями, органами з оцінки відповідності.

Аналізуються існуючі підходи та положення міжнародних документів з метрології щодо методів урахування невизначеності вимірювань при оцінці відповідності заданим нормам з огляду на прийнятну ймовірність прийняття помилкових рішень.

Проведений аналіз показав, що посилення норми шляхом встановлення захисної смуги, яка залежить від допустимої ймовірності прийняття помилкового рішення, дозволяє знайти оптимальне рішення при оцінці відповідності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) нормам щодо максимально допустимої похибки ЗВТ, наведеним у специфікаціях.

Це, з одного боку, дозволяє забезпечити прийнятний рівень імовірності визнання бракованих ЗВТ такими, що відповідають нормам, з іншого – зменшити кількість помилково забракованих ЗВТ.

Гнучке встановлення величини захисної смуги дозволить забезпечити прийнятний рівень ризиків як органам, що проводять оцінку відповідності, так і замовникам, які використовують прилади, що проходять оцінку відповідності. Отримані рекомендації можуть знайти застосування в практичній діяльності калібрувальних, повірочних, вимірювальних лабораторій та органів з оцінки відповідності.

МЕТРОЛОГІЧНА МОЗАЙКА: ПОНЯТТЯ, ПРОЦЕДУРИ, СТАТИСТИКА, ТЕРМІНИ ТА... ПЕРЕКЛАДИ

Колбасін О. І.
Харків, Україна

***Keywords:** metrology, model, procedure, calibration, verification, statistical processing.*

***Ключові слова:** метрологія, модель, процедура, калібрування, повірка, статистична обробка.*

Анотація

Розглянуто деякі аспекти метрології, які, на погляд автора, не мають загальноприйнятого трактування й потребують поглибленого вивчення та обговорення:

а) застосування певних моделей сигналів та понять, що до них відносяться, не повинне суперечити фізичному сенсу процесів. Як приклад, проаналізовано поняття стрибка фази та «віяла» енергій: активної, реактивної, неактивної, повної;

б) терміни, що використовуються для опису метрологічних процедур: верифікація, повірка, підтвердження, валідація, атестація тощо – у своїх визначеннях мають багато чого спільного, але в деталях не завжди чітко прописані;

в) калібрування (з невизначеністю) та повірку (з похибкою) часто вважають антагоністами. До того ж чому наразі не повіряють еталони (в доповіді проаналізовано зв'язок цього питання з простежуваністю)?

г) широке розповсюдження отримала статистична обробка вимірювань, але чи завжди виправдано її застосування в практичній діяльності, особливо з огляду на численну кількість статистик, тестів для перевірки гіпотез, умов застосування тощо, які просто неможливо освоїти та впровадити в практику роботи більшості повірочних та калібрувальних лабораторій?

І останнє – це «химери» перекладу міжнародних документів з метрології, починаючи з банальних похибок і закінчуючи переплутуванням сенсу вихідного тексту.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДСТУ OIML D 31:2018 ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Півненко С. М.
Харків, Україна

Keywords: *state standard of Ukraine, measuring instruments, software, software examination, validation methods.*

Ключові слова: *державний стандарт України, засоби вимірювальної техніки, програмне забезпечення, випробування програмного забезпечення, методи випробувань.*

Анотація

ДСТУ OIML D 31:2018 містить рекомендації Міжнародної організації законодавчої метрології (OIML), які дозволяють гармонізувати вимоги національних стандартів країн-членів OIML у галузі законодавчої метрології до засобів вимірювальної техніки з програмним керуванням.

Стандарт встановлює загальні вимоги до функціональних можливостей засобів вимірювальної техніки, пов'язаних із програмним забезпеченням, і пропонує правила підтвердження відповідності засобів вимірювальної техніки цим вимогам.

Мета створення цього стандарту полягає в тому, щоб забезпечити національні органи зі стандартизації країн-членів OIML, Технічних комітетів і підкомітетів OIML, відповідальних за розробку документів законодавчої метрології, сукупністю вимог, розрахованих на те, щоб охопити всі види вимірювальних приладів і всі сфери застосування.

Загальні вимоги цього стандарту відображають стан розвитку інформаційних технологій на момент його публікації та можуть бути застосовані практично до всіх видів засобів вимірювальної техніки, електронних пристроїв і складальних вузлів із програмним керуванням.

Описано деякі аспекти використання ДСТУ OIML D 31:2018 при проведенні оцінки відповідності законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки з програмним керуванням.

Визначено труднощі, що виникають при перевірці на практиці деяких вимог ДСТУ OIML D 31:2018 стосовно характеристик програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки.

ON PRIORITY ISSUES REGARDING THE CONCLUSION OF AN AGREEMENTS ON CONFORMITY ASSESSMENT AND ACCEPTANCE OF INDUSTRIAL GOODS («INDUSTRIAL VISA»)

ПРО ПЕРШОЧЕРГОВІ ПИТАННЯ ЩОДО УКЛАДЕННЯ УГОДИ ПРО ОЦІНКУ ВІДПОВІДНОСТІ ТА ПРИЙНЯТНІСТЬ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ («ПРОМИСЛОВИЙ БЕЗВІЗ»)

Будьонний М. М.
Харків, Україна

Keywords: *Agreements on Conformity Assessment and Acceptance of Industrial Goods, quality infrastructure, national metrological system, European integration.*

Ключові слова: *Угода про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції, інфраструктура якості, національна метрологічна система, євроінтеграція.*

Анотація

Розглянуто першочергові завдання, які треба виконати у сфері реформування інфраструктури якості та метрологічного забезпечення для укладення Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції. Обґрунтовано необхідність внесення змін до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» з метою приведення його у відповідність до рекомендацій міжнародних організацій OIML, BIPM, ILAK, ISO.

Підписання Закону України «Про приєднання України до Конвенції про створення Міжнародної організації законодавчої метрології» мало б дати поштовх до реформування всієї інфраструктури якості України. Виникає питання: як можливо подолати технічні бар'єри в торгівлі, якщо Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» не відповідає рекомендаціям світових організацій, таких як OIML, BIPM, ILAK, ISO, щодо зміни трактування переходу вимірювань від «Теорії похибки» до «Концепції невизначеності», при цьому вноситься зміна щодо порядку видачі свідоцтв про уповноваження на проведення повірки засобів вимірювальної техніки, що підтверджує «протекціонізм» на національному законодавчому рівні.

Тож на Міжнародному науково-технічному семінарі UM–2020 необхідно прийняти такі рішення:

- підпорядкувати Департамент технічного регулювання та метрології віцепрем'єр-міністру з євроінтеграції;
- Директорату з реформ забезпечити прийняття рішення щодо надання статусу НМІ ННЦ «Інститут метрології» (м. Харків);
- залишити Департаменту технічного регулювання та метрології питання забезпечення держбюджетним фінансуванням головних напрямів діяльності, які визначає НМІ;
- директору з реформ забезпечити розробку та прийняття нової редакції «Закону про метрологію та метрологічну діяльність», яка буде враховувати зміни в інфраструктурі якості України;
- віцепрем'єр-міністру з євроінтеграції організувати круглий стіл із залученням представників Мінекономіки, Міністерства юстиції, Міністерства фінансів, МОН, МЗС України, а також ГО «Харківська академія стандартизації» з метою розробки програми дій та постановки завдань між міністерствами.

**СЕКЦІЯ 3.
ЕЛЕКТРИЧНІ ВЕЛИЧИНИ**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКОВОГО
ЄМНІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В РЕЖИМІ ЗБУДЖЕННЯ
УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ РЕЛЕЯ

Ноздрачова К. Л., Слободчук А. Ю.
Харків, Україна

Keywords: *ultrasonic testing, capacitive transducer, electroacoustic transducer, surface density Coulomb forces, Rayleigh waves.*

Ключові слова: *ультразвуковий контроль, ємнісний перетворювач, електроакустичний перетворювач, поверхнева щільність сил Кулона, хвилі Релея.*

Анотація

Наразі є актуальним проведення комплексних досліджень, спрямованих на пошук технічних рішень щодо створення ефективних ємнісних сенсорів (Ноздрачева Е.Л., Сучков Г.М., Петрищев О.Н. Особенности возбуждения ультразвуковых импульсов емкостным преобразователем. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. 2015. № 1(28)) як у режимі збудження високочастотних ультразвукових коливань, так і в режимі їх прийому. Так, у роботі (Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Ноздрачева Е.Л., Романюк М.И. О возбуждении ультразвуковых волн в металлах емкостным преобразователем. Часть 1. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2015. № 1) розроблено математичну модель ємнісного ультразвукового перетворювача, призначеного для випромінювання УЗ коливань в електропровідний виріб. У цій роботі доопрацьовано узагальнюючу математичну модель електромеханічного сенсора, що перетворює електричну енергію у високочастотні механічні коливання. Подано визначення передавальної характеристики сенсора в режимі збудження пружних високочастотних коливань. У загальному вигляді виконано розрахунок поверхневої густини сил Кулона, які формуються на поверхні металевого зразка перетворювачем ємнісного типу з дисковим електродом. Як приклад використання результатів моделювання здійснено розрахунок амплітудного множника хвиль Релея, що радіально поширюються. Введено поняття хвильової характеристики перетворювача в режимі збудження ультразвукових поверхневих хвиль. Показано, що діапазон частот, в якому реалізується ефективне збудження поверхневих хвиль Релея, повністю визначається радіусом дискового електрода, а також відстанню між електродом і поверхнею металевого листа. Встановлено, що збільшення значень геометричних параметрів супроводжується зменшенням ширини смуги робочих частот перетворювача і переміщенням цієї смуги в область низьких частот.

ACCURATE TIME AND ULTRASTABLE COHERENT FREQUENCY FIBRE INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE CZECH REPUBLIC

РОЗРОБКА ОПТОВОЛОКОННОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТОЧНОГО ЧАСУ ТА УЛЬТРАСТАБІЛЬНОЇ КОГЕРЕНТНОЇ ЧАСТОТИ У ЧЕСЬКІЙ РЕСПУБЛІЦІ

Vojtech J. et al.
Prague, Czech Republic

Keywords: *optical fibre network, dense wavelength division multiplexing, accurate time and coherent stable frequency, White Rabbit.*

Ключові слова: *оптоволоконна мережа, мультиплексування з розподілом за довжиною хвилі високої щільності, точний час та когерентна стабільна частота, технологія «White Rabbit».*

Abstract

The Czech National Research and Education Network (NREN) CESNET provides services for science, research, and education community and for other advanced users. The CESNET2 optical network is based on leased dark fibres (since 1999) lighted as a leased service. Currently 1810 km of cost effective bidirectional single fiber lines are used within the total of 5780 km CESNET2 dark fibers. The core of the network is formed by DWDM infrastructure with 100 Gb/s, 10 Gb/s transmission channels.

The first project of accurate time transmission was introduced in 2011 on 550 km long line between national time laboratories in Prague and Vienna in order to improve comparison of national approximations of Universal Time Coordinated (UTC) scales (UTC(TP), UTC(BEV)). Comparison is based on own developed Time Transfer Adapters (TTA), achieved time stability is far better compared to traditional methods based on Global Navigation Satellite System GNSS, about 30 ps in terms of Time Deviation (TDEV). The single propagation medium bidirectional transmission of accurate time was firstly introduced between CESNET and Geodetic observatory at Pecný in 2012. The single propagation medium intercity transmission of accurate time was firstly introduced between Prague and Brno, the Czech Republic, over distance of 306 km in 2014. Stable frequency transmission has been fitted into this line in 2015. The stability achieved in this case has been better than 10-17 in terms of Modified Allan Deviation (MAD). First metropolitan accurate time and radio frequency using White Rabbit technology has been established in 2018 between CESNET and Extreme Light Facility. Nowadays, CESNET operates three long haul lines for ultra-stable coherent frequency transmission in total length of 960 km, while fourth amplified line designed for operation in non-conventional S band is under deployment.

Accurate time is transferred over 6 lines in Prague agglomeration where the connection to UTC(TP) is realized by two different technologies (TTA and White Rabbit).

**ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТРИВИМІРНИХ
РАДІОЗОБРАЖЕНЬ В ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНІЙ РЛС З ІСА В УМОВАХ
ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ**

Братченко Г. Д., Смаглюк Г. Г., Коптелов М. О.
Одеса, Україна

Keywords: *interferometric inverse synthetic aperture radar (InSAR), phase (interferometric) method of measurement, three-dimensional radar image, signal-to-noise ratio, standard deviation, the error of measurements.*

Ключові слова: *інтерферометрична РЛС з інверсним синтезуванням апертури (ІСА), фазовий (інтерферометричний) метод вимірювань, тривимірне радіозображення, відношення сигнал-шум, середнє квадратичне відхилення, похибка вимірювань.*

Анотація

Застосування тривимірних радіолокаційних або радіозображень (РЗ) рухомих об'єктів може знайти застосування для визначення класу (типу) об'єкта. Такі РЗ також можуть бути використані при дослідженні завдань зменшення або збільшення радіолокаційної помітності об'єктів. Проблема відновлення тривимірних РЗ рухомих об'єктів у радіолокаторах з інверсним синтезуванням апертури (ІСА) активно досліджується близько тридцяти років. Можливість вимірювання третьої координати (зазвичай висоти) забезпечується застосуванням додаткових рознесених приймальних антен. Це дозволяє вимірювати фазовим (інтерферометричним) методом просторові координати відповідних блискучих точок (БТ) на комплексних двовимірних РЗ із високою потенційною точністю, яка визначається довжиною хвилі радіовипромінювання. Водночас для досягнення високої роздільної здатності по поперечній дальності на великій дальності спостереження об'єкта потрібно збільшувати час спостереження, що веде до порушення когерентності відбитого сигналу. За таких умов пропонується застосовувати метод відновлення тривимірного РЗ, в основі якого лежить вимірювання закону зміни фази БТ за сукупністю парціальних двовимірних комплексних РЗ при використанні системи з трьох антен, які розташовані у вертикальній площині у формі літери L. Точність вимірювання просторового положення БТ таким методом залежить від характеру руху цілі та відношення сигнал-шум.

У роботі отримані теоретичні оцінки та результати імітаційного моделювання з вимірювання просторових координат БТ повітряної цілі. Подані залежності для похибок вимірювання просторових координат БТ можуть бути використані для прогнозування очікуваної якості відновлення тривимірних РЗ об'єктів запропонованим методом у різних умовах спостереження та надання рекомендацій щодо практичної реалізації методу.

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF CERTIFICATION OF PROFESSIONAL QUALIFICATIONS IN THE FIELD OF ELECTRICAL ENGINEERING

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОФЕСІЙНИХ КВАЛІФІКАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Буданов В. О.
Одеса, Україна

Keywords: *certification of qualifications, certificate, educational standard, professional standard, educational program, electrical engineering.*

Ключові слова: *сертифікація кваліфікацій, сертифікат, освітній стандарт, професійний стандарт, освітня програма, електрична інженерія.*

Анотація

Розвиток програм сертифікації професійних кваліфікацій у різних країнах є реакцією на зміни ринку праці, що набувають усе більш динамічного характеру. У наш час в Україні відбувається створення та становлення механізмів сертифікації кваліфікацій фахівців і випускників освітніх закладів різного рівня з урахуванням інтеграції вимог освітніх і професійних стандартів. У країнах з розвинутою ринковою економікою сертифікація професійних кваліфікацій дуже поширена в різних галузях промисловості. В Україні передбачається створення та впровадження механізмів сертифікації кваліфікацій фахівців і випускників освітніх закладів для гармонізації та інтеграції вимог освітньо-професійних програм і професійних стандартів. Основним завданням системи оцінки та сертифікації кваліфікацій є об'єктивна, визнана професійним співтовариством оцінка відповідності кваліфікації працівників вимогам виробництва і бізнесу, які встановлюються відповідними професійними стандартами, і підтвердження права працівника виконувати конкретні види трудової діяльності незалежно від місця, часу та способу отримання кваліфікацій.

Проведено аналіз доступних відкритих джерел, у тому числі інтернет-сайтів міжнародних професійних асоціацій, з використанням методів порівняння, зіставлення та узагальнення інформації. Надано результати аналізу досвіду створення систем сертифікації кваліфікацій у галузі електричної інженерії, процедур сертифікації, застосовуваних методик, моделей і показників, споживачів результатів сертифікації кваліфікацій, процесів взаємодії систем сертифікації зі стейкхолдерами.

Аналіз міжнародного досвіду сертифікації кваліфікацій у галузі електричної інженерії дозволяє виявити особливості, які повинні враховуватися при побудові національної системи оцінки та сертифікації кваліфікацій в Україні.

ERRORS FROM AXIAL DISPLACEMENT TUBES OF CONDUCTOMETRIC DIFFERENTIAL JONES CELL

ПОХИБКИ ВІД ОСЬОВОГО ЗМІЩЕННЯ ТРУБОК КОНДУКТОМЕТРИЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ КОМІРКИ ДЖОНСА

Міхаль О. О., Мелешук Д. В.
Київ, Україна

Keywords: *conductometry, Jones cell, error, misalignment of tubes.*

Ключові слова: *кондуктометрія, комірка Джонса, похибка, неспівосність трубок.*

Анотація

Об'єктом доповіді є двоелектродна комірка Джонса зі змінною центральною частиною, що використовується в національних метрологічних інститутах провідних держав світу (США, Італії, Данії, Словаччини) як первинний перетворювач (комірка) в державних еталонах одиниці електролітичної провідності розчинів електролітів. Метод відтворення ґрунтується на вимірюванні різниці опорів двох стовпів рідини однакового перетину, але різної довжини. Для реалізації методу використовується кварцова трубка, на торцях якої закріплені електроди. В центрі вирізається частина трубки довжиною L . Довжина і діаметр саме цієї частини трубки відповідають за розмір константи комірки за умов рівномірного розподілу силових ліній поля.

У доповіді розглянуті основні фактори, що впливають на нерівномірність щільності струму в середині комірки. У свою чергу нерівномірність призводить до похибки вимірювання. Одним із головних чинників є осьове зміщення трубок. Для оцінки похибки цього виду розроблено комп'ютерну модель, в якій використано коло-польову задачу на основі рівняння Лапласа. Результати досліджень у вигляді графіків подано у доповіді.

IMPROVING THE PARAMETERS OF ACTIVE FILTERS FOR PROCESSING MEASUREMENT ELECTRICAL SIGNALS FROM PRIMARY CONVERTERS OF PHYSICAL QUANTITIES SENSORS

ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ВІД ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СЕНСОРІВ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Семенов А. О., Семенова О. О., Козін Д. О.
Вінниця, Україна

Keywords: *active filter, C-negatron, negative capacity, measurement signal, magnitude-frequency characteristic.*

Ключові слова: *активний фільтр, С-негатрон, від'ємна ємність, вимірювальний сигнал, амплітудно-частотна характеристика.*

Анотація

Актуальним напрямком метрології є вимірювання часу та частоти. В обладнанні радіовимірювальних приладів для вимірювання часових і частотних параметрів радіосигналів та/або електричних кіл основним функціональним елементом є електричні фільтри. Саме від якості електричних фільтрів, стійкості їхніх параметрів і характеристик залежить ефективність функціонування приладів для вимірювання часових і частотних параметрів радіосигналів. При цьому висуваються окремі вимоги до частотних спотворень та інерційних властивостей інших каскадів оброблення вимірювальних сигналів та елементів і кіл міжкаскадних зв'язків. Ефективність здійснення частотної селекції вимірювальних сигналів первинних давачів суттєво залежить від якості електричних фільтрів.

Принцип роботи електричних фільтрів ґрунтується на функціональній залежності індуктивного та ємнісного елементів від частоти, а також на фазових співвідношеннях напруги та струму на них. Наразі при синтезі та проектуванні електронних схем використовують не тільки додатну, але й від'ємну диференційну ємність. Поняття від'ємної диференційної ємності є особливо зручним при практичній реалізації активних фільтрів, компенсаторів завад, ємнісних давачів, ємнісних перетворювачів та ін.

Метою роботи є збільшення коефіцієнта перекриття по частоті активних фільтрів із використанням активних елементів, що мають від'ємне значення диференціальної ємності.

SCALING OF THE UNIT OF ELECTRIC RESISTANCE IN THE STATE PRIMARY STANDARD OF UKRAINE

МАСШТАБУВАННЯ ОДИНИЦІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ В ДЕРЖАВНОМУ ПЕРВИННОМУ ЕТАЛОНІ УКРАЇНИ

Анікін В. В., Колбасін О. І., Маслова Н. М., Коробчанська О. І., Семеніхін В. С.
Харків, Україна

Keywords: scaling, standard, electrical resistance, resistance measure.

Ключові слова: масштабування, еталон, електричний опір, міра опору.

Анотація

У державному первинному еталоні одиниці електричного опору ДЕТУ 08-02-98 реалізація одиниці опору здійснюється за допомогою квантового ефекту Холла.

Реалізоване за допомогою квантової холлівської міри MI6800A значення опору 12906,4035 Ом передається еталонній мірі SR-103 номіналом 1000 Ом за допомогою моста-компаратора постійного струму MI AccuBridge із застосуванням коефіцієнта ~ 13 .

Надалі одиниця опору від міри SR-103 передається за допомогою AccuBridge напряму мірам опору, що входять до групових мір системи зберігання з номіналом 1 Ом, 100 Ом, 10000 Ом.

Наступний етап масштабування здійснюється за допомогою моста-компаратора постійного струму Guildline 6622-HV від значень 1 Ом, 100 Ом, 10000 Ом, які реалізуються системою зберігання до значень опору в діапазоні від 10^{-4} до 10^9 Ом.

Крім мостів-компараторів AccuBridge та Guildline 6622-HV у процесі масштабування застосовуються перехідні міри опору $1 \cdot 10$ Ом x 11, $1 \cdot 1000$ Ом x 11, $1 \cdot 10^6$ Ом x 11, $1 \cdot 10^8$ Ом x 11 та тераом-міст опору Guildline 6530-XP.

CORRECTION OF INTERCALIBRATION INTERVAL ON THE EXAMPLE OF DIGITAL MULTIMETER FLUKE 8508A

КОРИГУВАННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНОГО ІНТЕРВАЛУ НА ПРИКЛАДІ МУЛЬТИМЕТРА ЦИФРОВОГО FLUKE 8508A

Колбасін О. І., Терещенко М. В.
Харків, Україна

Keywords: *calibration, intercalibration intervals, risk, multimeter.*

Ключові слова: *калібрування, міжкалібрувальні інтервали, аналіз ризиків, мультиметр.*

Анотація

Одним із основних видів діяльності наукового центру електромагнітних вимірювань (НЦ-5) ННЦ «Інститут метрології» є проведення робіт з калібрування засобів вимірювальної техніки.

Загалом у науковому центрі щороку збільшується кількість калібрувань. Значну частку становлять внутрішні калібрування для потреб ННЦ «Інститут метрології» – близько 300 на рік. Періодичність калібрувань визначає обсяги цих робіт.

Наразі практика коригування міжкалібрувальних інтервалів ще не набула широкого розповсюдження. Але, якщо обрати доцільний метод коригування, то з урахуванням результатів попередніх калібрувань (база даних для багатьох із цих приладів становить десятиріччя), а також частоти та умов експлуатації, міжкалібрувальні інтервали можна збільшити.

Для НЦ-5 найбільш актуальним є питання калібрування та міжкалібрувальних інтервалів одного з основних еталонних засобів – мультиметра Fluke 8508A, що калібрується частково на еталоні сталої напруги на ефекті Джозефсона та еталоні опору на ефекті Холла, а частково – в ДП «Укрметртестстандарт». Протягом кількох років, окрім калібрувань за графіком, проводилися періодичні перевіряння мультиметра. За результатами отриманих даних зроблено розрахунки за такими методами коригування міжкалібрувальних інтервалів, як метод сходів та метод передбачення за лінійною регресією.

Проведено порівняння отриманих результатів. З урахуванням того, як лабораторія проводитиме заплановане обслуговування, та з урахуванням інших чинників прийнято рішення збільшити міжкалібрувальний інтервал мультиметра Fluke 8508A до 1,5 року.

У подальших планах наукового центру електромагнітних вимірювань – розробити графік та провести коригування міжкалібрувальних інтервалів для більшості ЗВТ.

METROLOGIC STORAGE REALIZATION INNOVATIVE CONCEPT OF HEALTH CARE

МЕТРОЛОГІЧНА СКЛАДОВА РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Васильєва О. М., Веремієнко О. В., Коробчанська О. І.
Харків, Україна

Keywords: *health care, metrological assurance, metrology in medicine, functional state of a person.*

Ключові слова: *охорона здоров'я, метрологічне забезпечення, метрологія в медицині, функціональний стан людини.*

Анотація

Наразі реформування вітчизняної галузі охорони здоров'я є невідкладною не тільки медичною, але й соціальною проблемою, яка потребує негайного вирішення.

Метрологія в медицині – це один із напрямків метрології, основним завданням якого є забезпечення єдності та достовірності вимірювань у медицині.

Вимірювання у медицині є основою діагностики, єдиним об'єктивним способом отримання кількісної інформації стосовно пацієнта, тобто щодо фізичних величин, які відображають стан його організму: механічних, теплових, електричних, біоелектричних, акустичних тощо.

Однією із суттєвих складових визначення сили, що діє на пацієнта (речовина, енергія, інформація), та вірогідності уражень організму відповідної етіології є метрологічне забезпечення цих робіт.

Слід зазначити, що виявлення причинно-наслідкового зв'язку між дією несприятливих чинників різного походження (професійно зумовлених, навчального процесу, екологічних та ін.) з визначенням діючої сили (речовина, енергія, інформація) та вірогідністю уражень організму відповідної етіології є передумовою планової корекції функціонального стану людини.

Описано деякі аспекти розробки методів і засобів, які дозволять узагальнити медичний досвід у галузі профілактичної медицини з метою впровадження дієвих інноваційних заходів щодо збереження здоров'я населення. Проведено аналіз інноваційної концепції «медицина граничних станів», яка передбачає обов'язкове додержання принципів доказової медицини, однією із суттєвих складових якої є метрологічне забезпечення наукових робіт.

ABOUT THE RESULTS OF THE RESEARCH OF THE FULLY-ANECHOIC ROOM OF THE SCIENTIFIC CENTER OF ELECTROMAGNETIC MEASUREMENTS OF THE NSC «INSTITUTE OF METROLOGY»

ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БЕЗЛУННЕВОЇ КАМЕРИ НАУКОВОГО ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ ННЦ «ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ»

Макаров О. В.
Харків, Україна

Keywords: *calibration, validation, fully-anechoic room, electromagnetic field strength.*

Ключові слова: *калібрування, валідація, безлуннева камера, напруженість електромагнітного поля.*

Анотація

У 2019 році в ННЦ «Інститут метрології» було створено державний первинний еталон одиниці напруженості електромагнітного поля в діапазоні частот від 0,01 МГц до 43 ГГц (далі – еталон напруженості ЕМП). Значення одиниці напруженості ЕМП відтворюється за допомогою двох установок:

- установки №1 (у діапазоні частот від 0,01 МГц до 1 ГГц) – на базі випробувальної камери TESEQ GTEM1500, яка випускається серійно;
- установки №2 (у діапазоні частот від 1 до 43 ГГц) – на базі безлунневої камери, розробленої та виготовленої у ННЦ «Інститут метрології».

За допомогою еталона напруженості ЕМП проводиться калібрування вимірювачів напруженості ЕМП відповідно до ДСТУ ІЕЕЕ 1309:2019 (з калібрування сенсорів електромагнітного поля у діапазоні частот від 9 кГц до 40 ГГц), а також різних типів антен (монопольних, рамкових, логоперіодичних, рупорних тощо) відповідно до ДСТУ EN 55016-1-6:2019 (з калібрування антен у діапазоні частот від 9 кГц до 40 ГГц). Застосування вищезазначених стандартів і використання камери у складі еталона одиниці напруженості електромагнітного поля передбачає проведення валідації безлунневої камери. У межах досліджень метрологічних характеристик еталона одиниці напруженості ЕМП було проведено валідацію безлунневої камери зі складу еталона, як для калібрування вимірювачів напруженості ЕМП, так і для калібрування антен. Особливості процесу валідації та результати досліджень надано в доповіді.

Зроблено висновок щодо відповідності характеристик безлунневої камери вимогам вищезазначених стандартів, а також щодо величини їх внеску в бюджет невизначеностей відтворення одиниці напруженості ЕМП. Визначені можливі напрямки щодо їх покращення.

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНИХ ЕТАЛОНІВ
УКРАЇНИ

Васильєва О. М., Павленко Ю. Ф.
Харків, Україна

Keywords: *uncertainty, standard, reference method, radio frequency measurements.*
Ключові слова: *невизначеність, еталон, референтна методика, радіочастотні вимірювання.*

Анотація

Еталонна база України в галузі радіочастотних вимірювань в основному була створена наприкінці минулого століття і становить 7 національних еталонів, які розроблені й зберігаються в ННЦ «Інститут метрології». За останні 15 років лише 2 еталони проходили модернізацію, у 2019 р. було створено еталон одиниці напруженості електромагнітного поля.

З розвитком науково-технічної бази ЗВТ існуюча система радіочастотних еталонів застаріла й потребує модернізації. Це перш за все пов'язано зі значним підвищенням метрологічних характеристик сучасних ЗВТ і їх надзвичайною функціональною гнучкістю. Прикладом таких ЗВТ є аналізатори спектра, що в одному приладі поєднують осцилограф, модулометр, вимірювач коефіцієнта гармонік, вимірювач потужності тощо.

Крім того, нові схемотехнічні рішення ЗВТ на базі цифрових методів генерації сигналів дозволяють розширити функціональні характеристики радіочастотних еталонів і створювати комплексні стенди аналізу спектральних характеристик. На базі модернізованого в 2019 р. державного первинного еталона одиниці дев'яції частоти частотно-модульованих коливань аналізуються можливості створення такого багатофункціонального еталонного комплексу аналізу спектральних характеристик. Наведено основні методи, що використовують для вимірювань характеристик радіочастотних сигналів. Показано, що висока чистота спектра сучасних генераторів і їх низький рівень шуму дозволяють із необхідною для еталонних засобів точністю проводити вимірювання майже всіх характеристик сигналів. Такі комплекси на базі серійних ЗВТ реалізують референтні методики й забезпечують програмно-цифрове керування. Наявність вбудованих калібраторів сучасних ЗВТ також дозволяє проводити аналіз цифрових радіочастотних сигналів.

МЕТОД КАЛІБРУВАННЯ ТРАСОШУКАЧІВ

Огар В. І., Кирієнко С. Р.
Харків, Україна

Keywords: *calibration, tracer, method, magnetic field, antenna.*

Ключові слова: *калібрування, трасошукач, метод, магнітне поле, антена.*

Анотація

Для визначення місця залягання кабелів та трубопроводів при будівництві, шляхових ремонтних роботах, пошуку схованої проводки використовуються трасопошукові прилади. Прилад ПКСК випускається Українським НДІ радіо і телебачення (м. Одеса), а за кордоном – фірмами Radiodetection, Fluke та ін. Для вимірювання глибини залягання кабеля використовується зворотно-лінійна залежність напруженості магнітного поля, що породжується струмом із частотою генератора, від відстані (глибини залягання) кабеля. Глибина залягання кабеля h обчислюється за відносною різницею напруженості поля двох антен на відстані 70 см.

Методика калібрування Radiodetection використовує кабель довжиною 50 м, підвішений на висоті 0,5 м, підключений до виходу генератора пошукових сигналів. Покази вимірної глибини відповідають встановленій відстані між кабелем та вимірювальними антенами трасошукача. Такий метод потребує досить великого полігону, вільного від побічних електромагнітних полів, і є дуже незручним.

Одеський НДІ рекомендує непрямий, поелементний метод калібрування, який базується на подаванні електричних напруг, що імітують сигнали, отримані від антен.

Для вирішення завдання калібрування запропоновано використовувати магнітне поле короткої котушки, силові лінії якої з короткої сторони розташовані аналогічно лініям поля провідника. Залежність напруженості магнітного поля на відстані x від центру котушки з радіусом R зі струмом I визначається інтегралом, який обчислюємо числовими методами в програмі Mathcad. З масивів даних отримуємо залежність показів d глибини від дійсної відстані h і визначаємо зворотну залежність – за показами трасошукача визначаємо розрахункове значення глибини, виражаємо її у вигляді графіка, й вона виявляється практично лінійною. Експеримент показав відхилення h від $h_{\text{розр}}$ не гірше 5%.

АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДІЯЛЬНОСТІ НАУКОВОГО ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Семеніхін В. С.
Харків, Україна

Keywords: *calibration, verification, analysis, prospects, electromagnetic measurements.*

Ключові слова: *калібрування, повірка, аналіз, перспективи, електромагнітні вимірювання.*

Анотація

Одним із основних видів діяльності наукового центру електромагнітних вимірювань (НЦ-5) ННЦ «Інститут метрології» є проведення робіт із калібрування, повірки та оцінки відповідності ЗВТ для зовнішніх замовників. Постійний аналіз обсягів ЗВТ, періодичності їх надходження та особливостей замовників необхідний для забезпечення збалансованого планування робіт за часом, шляхів підвищення продуктивності праці, виявлення нових тенденцій та перспектив.

Проведено аналіз діяльності наукового центру з виконання метрологічних робіт та послуг за період 2017–2019 рр. щодо обсягів ЗВТ та доходів від виконання робіт, їх календарного розподілу, замовників.

Загалом у науковому центрі щороку збільшувались кількість нових замовників, обсяги виконаних робіт та дохід. Для прикладу, на одному з робочих місць кількість ЗВТ, які було відкалібровано чи повірено, збільшилася у 2018 р., порівняно з 2017 р., на 73%, у 2019 р., порівняно з 2018 р., – на 54,5%; дохід від цих робіт збільшився відповідно на 46,6% та 95%, що було зумовлено збільшенням виконання робіт для виробників і постачальників ЗВТ, частка яких у загальному об'ємі замовлень зросла з 40% у 2017 р. до 75% у 2019 р.

На підставі проведеного аналізу перспективними напрямками діяльності є оцінка відповідності електровимірювальних ЗВТ та радіотехнічні вимірювання.

Зроблено висновок, що збільшення кількості виконаних робіт забезпечено перш за все максимальним використанням технічних можливостей апаратури провідних закордонних виробників, яка належить НЦ-5. Подальшим напрямком розвитку може бути лише розширення сфери акредитації для охоплення всього спектра електричних вимірювань і задоволення потреб замовників, а саме у вимірюванні параметрів трансформаторів та високовольтних вимірювань.

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Шевченко В. І., Маслоva Н. М.
Харків, Україна

Keywords: *testing, measuring equipment, electricity meters, regulations, electricity metering, electricity quality parameters.*

Ключові слова: *випробування, засоби вимірювальної техніки, лічильники електричної енергії, нормативні документи, облік електричної енергії, показники якості електричної енергії.*

Анотація

При надходженні на ринок та введенні в експлуатацію засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), призначених для застосування у сфері законодавчо регульованої метрології, мають бути проведені випробування типу щодо відповідності цих ЗВТ вимогам технічного регламенту (ТР) та нормативних документів (НД).

На цей час загальною світовою тенденцією є збільшення функцій приладів, призначених для обліку електричної енергії. Цей факт розширює можливості приладів і надає користувачу більш широкий спектр послуг, а також покращує й полегшує контроль за споживанням та постачанням електроенергії. До цих розширених можливостей слід віднести вимірювання параметрів мережі, показників якості електроенергії, реєстрацію відхилень цих показників від нормованих значень, фіксацію часу та дати початку й закінчення вказаних відхилень.

Значного поширення набуло також передавання та приймання даних із застосуванням комунікаційних модулів, що підтримують різні технології зв'язку. Усі вищевказані тенденції розвитку суттєво ускладнюють та подовжують проведення випробувань ЗВТ для обліку електроенергії.

Також слід підкреслити, що сучасні лічильники електроенергії потребують застосування програмного забезпечення під час випробувань.

Описано основні аспекти тестування електронних лічильників активної та реактивної електроенергії при проведенні випробувань типу на відповідність вимогам ДСТУ EN 62052-11:2015, ДСТУ EN 62053-21:2015, ДСТУ EN 62053-22:2015, ДСТУ EN 62053-22:2015, ДСТУ EN 50470-1:2010, ДСТУ EN 50470-3:2010, гармонізованих із європейськими НД.

Зазначено деякі труднощі при перевірці певних характеристик лічильників електроенергії при випробуваннях на практиці та запропоновано шляхи їх подолання.

Розглянуто деякі особливості застосування нововведених НД, що регламентують спеціальні вимоги до засобів вимірювань електроенергії.

Наведено пропозиції розробникам ЗВТ для обліку електричної енергії та для випробувань зазначених приладів стосовно можливих шляхів вирішення виявлених проблем.

THE INTERRELATION OF THE RECEIVING AND TRANSMITTING HORN ANTENNAS IN THE SUBSURFACE RADAR WITH A STEP-BY-STEP CHANGE IN THE OPERATING FREQUENCY

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПРИЙМАЛЬНОЇ ТА ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ РУПОРНИХ АНТЕН У СКЛАДІ ПІДПОВЕРХНЕВОГО РАДІОЛОКАТОРА З ПОКРОКОВОЮ ЗМІНОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ

Букін О.В., Логвінов Ю. Ф., Васильєва О. М., Дробна О. В., Дейнека І. І.
Харків, Україна

Keywords: *subsurface radar sensing, GPR, horn antenna.*

Ключові слова: *підповерхнєве радіолокаційне зондування, георадар, рупорна антена.*

Анотація

Радіолокатори підповерхневого радіолокаційного зондування, або георадари, є радіофізичними інструментами дистанційного зондування та застосовуються для виявлення металевих і діелектричних об'єктів, які можуть перебувати під поверхнею ґрунту, дорожнього полотна, будівельних конструкцій та інших середовищ, які мають властивості діелектрика. Георадари є засобом неруйнівного контролю.

Принцип дії багаточастотних георадарів засновано на визначенні фазової затримки відбитого сигналу по відношенню до зондуючого сигналу на кожному частотному кроці, застосуванні до отриманих даних прямого або зворотного перетворення Фур'є, інтерпретації отриманих даних з урахуванням дисперсії середовища зондування. У багаточастотному георадарі зондуючий сигнал випромінюється передавальною антеною в той же час, коли на вхідну антену георадара надходить відбитий сигнал.

На приймальну антену багаточастотного георадара, поряд з сигналами відбитих від підповерхневих об'єктів та межі розділу повітря-середовище, надходить сигнал прямого проходження зондуючого сигналу від передавальної антени. Цей сигнал присутній постійно і може вносити спотворення в результат зондування. Сигнал прямого проходження може перевищувати допустимий рівень вхідної потужності на вході приймального пристрою георадара, тому необхідно обмежувати рівень цього сигналу шляхом зменшення рівня вихідної потужності зондуючого сигналу або, якщо це можливо, конструкцією антенного блоку.

Надано результат вимірювань вхідного опору, КСВ та розв'язки приймальної та передавальної рупорних антен, які розраховані на використання в діапазоні частот 500–1000 МГц. Вимірювання зроблено з використанням спеціального стенду.

Результати вимірювань буде використано при розробці приймального пристрою багаточастотного георадара.

**СЕКЦІЯ 4.
ПРОСТІР І ЧАС**

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF GAUGE BLOCK COMPARATORS

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАРАТОРІВ КІНЦЕВИХ МІР ДОВЖИНИ

Величко В. А., Калініченко В. А., Карелін Ю. М.
Харків, Україна

Keywords: *metrological characteristics, calibration, gauge block.*

Ключові слова: *метрологічні характеристики, калібрування, кінцеві міри довжини.*

Анотація

Основну частину виробничих вимірювань становлять лінійно-кутові вимірювання – в машинобудуванні їх частка сягає 90–95%. Базою для забезпечення єдності вимірювань лінійних розмірів є плоскопаралельні кінцеві міри довжини (КМД). Такі міри являють собою металеві бруски із двома строго паралельними площинами та визначеним розміром між ними. Вчасне та точне калібрування КМД забезпечує високу точність вимірювань на виробництвах. На цей час на виробництвах для калібрування КМД широко використовуються компаратори КМД різноманітних типів та конструкцій, а саме: контактні інтерферометри, оптикатори, оптиметри, ультраоптиметри, оптичні довжиноміри, інші ручні та автоматизовані прилади.

Більшість із цих приладів передбачають використання одноточкової схеми вимірювання (один рухомий щуп), що не забезпечує необхідної довгострокової стабільності результатів калібрування через механічний знос нижньої опорної точки. Для визначення основних метрологічних характеристик КМД, номенклатура яких регламентується міжнародним стандартом, введеним у дію на території України як ДСТУ ISO 3650:2009, необхідно використовувати двоточкову схему (диференційний метод вимірювань із двома рухомими щупами), яка також рекомендована цим стандартом. За цією схемою функціонують калібратори КМД закордонного виробництва, а саме: Feinmess EMP II, Mahr Precimar 826, Tesa UPC, Tesa UPD та інші.

Після аналізу номенклатури наявних на сучасному ринку компараторів КМД було прийнято рішення щодо використання для калібрування КМД компаратора Feinmess EMP II, а результати його експлуатації протягом року дозволили провести порівняльний аналіз функціональних характеристик сучасних компараторів КМД та їхніх метрологічних характеристик щодо стабільності та повторюваності результатів калібрування.

ANALYSIS OF THE ACCURACY REQUIREMENTS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE GRADIENT METHOD FOR DETERMINING THE MEAN INTEGRAL REFRACTIVE INDEX OF AIR

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Неежмаков П. И., Купко В. С., Панасенко Т. А., Прокопов А. В., Скляров В. В., Шлома А. И.
Харьков, Украина

Keywords: gradient method, air refractive index.

Ключевые слова: градиентный метод, показатель преломления воздуха.

Аннотация

Обоснованы соотношения, устанавливающие точностные требования к аппаратуре, необходимой для реализации градиентного метода определения среднеинтегрального показателя преломления воздуха при геодезических измерениях расстояний, осуществляемых с помощью электромагнитных волн оптического диапазона на приземных трассах. Установлены требования к точности измерений метеорологических параметров атмосферы (давления, температуры и влажности воздуха) в дискретных точках измеряемой трассы, а также к точности измерений углов прихода сигнала и градиентов показателя преломления в концевых ее точках, обеспечивающие измерения расстояний с неопределенностью не более 1 мм на трассах длиной до 5 км. Показано, что аппаратура линейного геодезического полигона ННЦ «Институт метрологии» удовлетворяет сформулированным требованиям.

ANALYSIS OF ACCURACY POSSIBILITIES OF QUADRATURE FORMULAS FOR DETERMINING THE MEAN INTEGRAL GROUP REFRACTIVE INDEX OF AIR

АНАЛИЗ ТОЧНОСТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕИНТЕГРАЛЬНОГО ГРУППОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Неежмаков П. И., Панасенко Т. А., Прокопов А. В., Шлома А. И.
Харьков, Украина

Keywords: refractive index, profile, method.

Ключевые слова: показатель преломления, профиль, метод.

Аннотация

Любые измерения, как бы тщательно их ни выполняли, сопровождаются неопределенностями измерений, т.е. отклонениями измеренных величин от их истинного значения. Это объясняется тем, что в процессе измерений непрерывно меняются внешние условия. Таким образом, уменьшение неопределенности измерения является актуальной задачей.

Приводятся результаты анализа неопределенности методов определения среднеинтегрального группового показателя преломления воздуха, основанных на квадратурах Эйлера-Макларена и Эрмита. Анализ был проведен с использованием профилей показателя преломления, полученных экспериментально для эталонного базиса длиной 1 км Липецкого полигона ННЦ «Институт метрологии». Для квадратуры, построенной с использованием многочлена Эрмита, были выведены формулы для случаев разбиения километрового отрезка на N участков, где $N = 1, 2, 3, 4, 5$. Выведенные формулы были применены для оценки точности данных методов в зависимости от N .

ESTIMATION OF UNCERTAINTY OF LINEAR MEASUREMENTS BY THE GNSS TECHNOLOGY

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ, ОТРИМАНИХ ТЕХНОЛОГІЄЮ ГНСС

Цюпак І. М., Тревого І. С.
Львів, Україна

Keywords: linear measurements, GNSS technology, uncertainty.

Ключові слова: лінійні вимірювання, технологія ГНСС, невизначеність.

Анотація

На сьогодні одним із методів лінійних вимірювань є технологія ГНСС. Різниця між довжинами ліній, вимірними за наземною і супутниковими технологіями, більша, ніж їх оцінка точності. Пропонується модельне рівняння непрямих лінійних вимірювань технологією ГНСС, яке б реалістично і повністю враховувало фактори, що впливають на точність (невизначеність) вимірів, досліджуються можливі зміни стандартних невизначеностей супутніх вимірам похибок та оцінка сумарної невизначеності лінійних вимірювань при метрологічних дослідженнях. Методика аналізу базується на настановах GUM, рекомендованих JCGM. Для розрахунку невизначеності лінійних вимірювань технологією ГНСС застосовується модельний підхід: 1) пропонується модельне рівняння непрямих лінійних вимірювань; 2) за отриманими формулами оцінюються стандартні невизначеності поправок (похибок), що супроводжують ці вимірювання; 3) виконуються дослідження оцінки невизначеності при різних можливих значеннях похибок; 4) для вимірних ліній технологією ГНСС, як у координатно-часовому просторі, виконаних при метрологічних дослідженнях на еталонних об'єктах Яворівського наукового просторового геодезичного полігону, робиться оцінка стандартної, сумарної та розширеної невизначеностей. До складових загальної похибки лінійних вимірювань технологією ГНСС віднесено: похибки координат кінцевих пунктів лінії, отриманих з опрацювання ГНСС-вимірювань; похибку центрування антен приймачів на обох пунктах, похибку вимірювання висот антен приймачів; похибку за нахил лінії до горизонту; похибку за ефемериди ГНСС-супутників, викликану неврахуванням добових змін координат полюса і нерівномірності обертання Землі при прогнозуванні ефемерид. Отримані результати дозволяють зробити аналіз похибок і їх впливу на невизначеність лінійних вимірювань у координатно-часовому просторі технологією ГНСС. Оцінені стандартні невизначеності та сумарна невизначеність лінійних вимірювань будуть сприяти розрахунку простежуваності до національного і міжнародного еталонів одиниці довжини – метра.

FEATURES OF PROCESSING OF THE RESULTS OF SIMULTANEOUS GNSS MEASUREMENTS AT SEVERAL POINTS OF THE METROLOGICAL RANGE BASE

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОВРЕМЕННЫХ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ НА НЕСКОЛЬКИХ ПУНКТАХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ДАЛЬНОМЕРНОГО БАЗИСА

Купко В. С.¹, Занимонский Е. М.¹, Ныкель Г.², Олейник А. Е.¹,
Задорожная И. Н.¹

¹ Харьков, Украина

² Гданьск, Польша

Keywords: *GNSS-based distance metrology, kinematic mode, test baselines.*

Ключевые слова: *метрология ГНСС-дальнометрии, кинематический режим, линейный базис.*

Аннотация

Сличения лазерных дальномеров и ГНСС на линейных базисах относятся к постоянным метрологическим работам, в ходе которых проверяются усовершенствованные технические средства и программно-математическое обеспечение.

Одновременная установка приемников ГНСС и отражателей дальномеров на нескольких реперных пунктах позволяет ускорить процесс сличения и исключить ряд источников неопределенности измерений.

В фирменном программном пакете для обработки первичных данных, накапливаемых в приемниках ГНСС, был использован кинематический алгоритм. Полученные временные ряды ГНСС-решений в ходе статистического анализа обеспечили более обоснованные результаты, чем обычно применяемый статический алгоритм.

Используя избыточность результатов измерений расстояний между реперами линейного базиса, удалось разделить приемники на две группы по качеству накопленных данных. Приемник с наибольшей неопределенностью результатов направлен на дополнительное исследование.

Примененные программы и методы обработки данных могут быть рекомендованы для использования как в метрологических работах, так и в геодезической практике.

MODIFICATION OF THE NTP TIME SERVER OF THE DIFFERENTIAL CORRECTION SYSTEM IN ACCORDANCE WITH THE ANSI X9.95 SCHEME

МОДИФІКАЦІЯ NTP СЕРВЕРА ЧАСУ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ КОРЕКЦІЇ ВІДПОВІДНО ДО СХЕМИ ANSI X9.95

Солдатов В. В., Нарезній О. П., Гріненко Т. О.
Харків, Україна

Keywords: *NTP server, GPS/GLONASS, cyber attacks on A-GPS or GPS algorithms, authentication procedure.*

Ключові слова: *NTP сервер, GPS/GLONASS, кібератаки на алгоритми A-GPS або GPS, процедура аутентифікації.*

Анотація

У роботі розглядаються метрологічні аспекти побудови макета NTP сервера, призначеного для застосування в автономній системі диференціальної корекції (КФОР). Показано, що навмисне перекручування даних вектора стану сигналу GPS/GLONASS і диференціальних поправок контрольно-коригувальних станцій (ККС) є основним завданням кібератаки на алгоритми A-GPS або GPS мобільних пристроїв (смартфонів). Цей тип хакерської атаки відноситься до атак модифікації. Для усунення загрози порушення цілісності диференціальних поправок застосовується процедура аутентифікації корекції інформації (КІ), яка транслюється ККС. При цьому здійснюється перевірка даних, що передаються ККС на предмет модифікації, порядку проходження і своєчасності доставки повідомлень КІ. Процес аутентифікації трансльованих повідомлень передбачає приєднання до КІ блоку даних фіксованого розміру, званого кодом аутентифікації повідомлення (Message Authentication Code, MAC). Передбачається, що дві сторони, які беруть участь в обміні даних, ККС і мобільному пристрої користувача, використовують загальний поточний MAC і довірчу мітку часу NTP сервера. Основне завдання NTP сервера полягає в незалежній синхронізації передачі КІ й формування поточного MAC. Для формування поточного MAC застосовується модифікований код поточного значення часу NTP сервера відповідно до схеми X9.95.

METROLOGICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF RTR STANDARD IEEE 1588 IN ORDER TO SPREAD FREQUENCY AND TIME. WHITE RABBIT PROJECT – NEW OPPORTUNITIES FOR UKRAINE

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ СТАНДАРТУ РТР ІЕЕЕ 1588 З МЕТОЮ ПОШИРЕННЯ ЧАСТОТИ І ЧАСУ. ПРОЄКТ WHITE RABBIT – НОВІ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ

Солдатов В. В.
Харків, Україна

Keywords: *PTP server, GNSS, White Rabbit project, RTP standard IEEE 1588.*

Ключові слова: *PTP сервер, GNSS, проєкт White Rabbit, стандарт РТР ІЕЕЕ 1588.*

Анотація

Наразі спостерігається зростання попиту на синхронізацію мереж, яка забезпечить точний час і частоту: більшість промислових застосувань здійснюється за допомогою радіосигналів і супутникового мовлення часу, таких як широко використовувана глобальна навігаційна супутникова система (GNSS). Однак мовлення GNSS страждає від недоліків цілісності та відмовостійкості, оскільки космічна погода, природні та індустріальні перешкоди, слабка потужність сигналу, отриманого від супутників на Землі, роблять спуфінг (злом) реальною загрозою. Тому потрібні методи з більш високою стійкістю і надійністю. Стандарт РТР (англ. Precision Time Protocol – «протокол точного часу») РТР ІЕЕЕ 1588 і проєкт White Rabbit пропонують новий метод як для наявних споживачів, так і для нових, які виникають разом із прогресом: наприклад, оператори електрозв'язку, нові мережі мобільного зв'язку 5G, сектор електромереж, який використовує інтелектуальні мережі, фінансовий сектор, якому необхідно дотримуватися правил ЄС, і наукові користувачі. Міжнародні рекомендації сприяють поліпшенню поточного часу і простежуваності до UTC. У сфері фінансів європейська «Директива про ринки фінансових інструментів» (MiFID II), видана Європейським управлінням із цінних паперів і ринків, вимагає підвищення точності та простежуваності щодо часових відміток фінансових операцій із січня 2018 року. Крім того, промислові потреби вимагають рішень, які легко стандартизуються, й оновлення всім відомого стандарту РТР ІЕЕЕ 1588 з підвищенням точності не потребуватиме великих фінансових витрат.

PROBLEMS OF ENSURING AUTONOMY IN THE TRANSMISSION OF REFERENCE SIGNALS IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE: METHOD OF SIGNAL FORMATION TYPE TOD DURING USING THE MICROSEMI TIME PROVIDER 4100 PRECISION SERVER

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОСТІ ПРИ ПЕРЕДАВАННІ ЕТАЛОННИХ СИГНАЛІВ ТОЧНОГО ЧАСУ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ: СПОСІБ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ ТИПУ TOD ПРИ ВИКОРИСТАННІ СЕРВЕРА ТОЧНОГО ЧАСУ MICROSEMI TIME PROVIDER 4100

Солдатов В. В., Дзисюк О. В., Бойко В. М., Гаврилов А. Б., Рарог Р. М., Світенко М. І.
Харків, Україна

Keywords: reference signals, ToD, GNSS, time provider.

Ключові слова: еталонні сигнали, ToD, GNSS, сервер точного часу.

Анотація

Однією із вимог сталого функціонування підсистеми забезпечення єдиним часом споживачів сфери оборони є незалежність від глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) та мережі Інтернет. Цю вимогу було враховано при визначенні загальних питань контролю та управління передавання еталонних сигналів часу та частоти. Зокрема, підсистему забезпечення єдиним часом побудовано на базі національного еталона часу та частоти, вихідного еталона Збройних Сил України часу та частоти (далі – ВЕЗСУ 07-01-01-09) та серверів точного часу Microsemi Time Provider 4100, які забезпечують часовою синхронізацією за протоколами RTP та NTP апаратуру, що використовує технології асинхронної передачі даних – Ethernet. При цьому сервіс надання точного часу, який синхронізований із Національною шкалою координованого часу UTC(UA), побудований таким чином, щоб уникнути прямої залежності від національного еталона часу та частоти й закордонних ГНСС, а також бути відокремленим на апаратному рівні від всесвітньої мережі Інтернет. При такій організації сервісу надання точного часу із використанням серверів точного часу Microsemi Time Provider 4100 виникає проблема формування шкали часу мастерсервера із використанням сигналу Time of Day (ToD). Авторами визначено оптимальний (із точки зору розбудованої підсистеми надання сервісу точного часу при використанні сервера точного часу Microsemi Time Provider 4100) спосіб формування сигналу типу ToD. Розроблено принципову схему та виготовлено дослідний зразок пристрою.

Викладено основні результати досліджень при використанні розробленого пристрою разом із сервером точного часу Microsemi Time Provider 4100. Показано, що точність синхронізації ВЕЗСУ 07-01-01-09 від національного еталона часу та частоти із використанням розробленого пристрою на добовому інтервалі спостережень не перевищує 30 нс.

ОПТИМАЛЬНА ОБРОБКА ДАНИХ У БАЛІСТИЧНОМУ ЛАЗЕРНОМУ
ГРАВІМЕТРІ ПРИ ДІЇ КОРЕЛЬОВАНИХ ЗАВАД

Омельченко А. В., Федоров О. В., Вінніченко О. І., Болюх В. Ф.
Харків, Україна

Keywords: *gravity acceleration, correlated noise, mathematical models of processes, weight functions, polynomials, finite differences.*

Ключові слова: *прискорення вільного падіння, корельовані завади, математичні моделі процесів, вагові функції, поліноми, кінцеві різниці.*

Анотація

Традиційно у балістичних лазерних гравіметрах (БЛГ) для вимірювання прискорення вільного падіння (ПВП) викристовується метод найменших квадратів (МНК), що застосовується до відліків «шлях-час» з виходу схеми співпадіння або іншого пристрою дискретизації. При цьому не враховується характер завад, що виникають у системі підвісу референтного плеча інтерферометра БЛГ, оскільки метод МНК є оптимальним при дії завади типу некорельований шум. Водночас на цю систему діють зовнішні мікросейсмічні шуми і автосейсмічна завада, що є корельованими процесами. Тому актуальною є задача створення алгоритмів оптимальної обробки даних у БЛГ з урахуванням того, що характеристики завад залежать від умов вимірювання.

Для побудови оптимальних алгоритмів обробки даних у БЛГ на фоні корельованих завад використано узагальнений метод найменших квадратів (УМНК). Однак практичне застосування УМНК є можливим лише в рамках конкретних математичних моделей завад, коли їх кореляційна функція залежить від декількох параметрів.

На основі математичних моделей процесів авторегресії і процесів авторегресії проінтегрованого ковзного середнього синтезовано алгоритми вимірювання ПВП. Для перетворення даних «шлях-час» із виходу схеми співпадіння БЛГ до рівномірного у часі процесу використано їх локальну квадратичну інтерполяцію. Показано, що після цього алгоритми вимірювання ПВП зручно будувати у просторі кінцевих різниць сигналів другого порядку. Досліджено вираш синтезованих алгоритмів у порівнянні з алгоритмом, що ґрунтується на МНК.

Розроблено алгоритми вимірювання ПВП з використанням поліномів Хана, що є ортогональними на рівномірній дискретній сітці. Для реалізації симетричного метода вимірювання запропоновано використовувати поліноми Хана з симетричними ваговими функціями, що характеризуються одним параметром. Розроблено методи оцінювання оптимального значення цього параметра і досліджено ефективність такого підходу. Виконано аналіз впливу форми вагових функцій на показники завадостійкості БЛГ.

SELECTION OF A CALIBRATION METHOD FOR COORDINATE MEASUREMENT TECHNOLOGY TO ACHIEVE THE REQUIRED ACCURACY

ВЫБОР МЕТОДА КАЛИБРОВКИ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НЕОБХОДИМОЙ ТОЧНОСТИ

Сковородкина Ю. Н.
Харьков, Украина

Keywords: *coordinate measuring machine, calibration, calibration methods, accuracy.*

Ключевые слова: *координатно-измерительная машина, калибровка, методы калибровки, точность.*

Аннотация

Рассмотрено проведение калибровки координатно-измерительных машин (КИМ) различными методами и средствами, в соответствии с требованиями ISO 10360-2. Рассмотрены преимущества и недостатки методов калибровки. Проведен анализ возможности выбора необходимого средства для калибровки КИМ в соответствии с ее паспортными данными и возможностями пользователей КИМ. Установлены требования к проведению калибровки координатно-измерительной техники. Установлена актуальность выбора экономически обоснованного метода калибровки координатно-измерительной техники с обеспечением необходимой точности для промышленных предприятий.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ НАНОСТРУКТУР, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МЕЖДУНАРОДНЫХ СЛИЧЕНИЯХ

Неежмаков К. П.
Харьков, Украина

Keywords: SEM, nanometrology, comparisons, video signal, trapezoidal gauges.
Ключевые слова: РЭМ, нанометрология, сличения, видеосигнал, трапецевидные меры.

Аннотация

Растровые электронные микроскопы (РЭМ) широко применяются в науке и технике. Технические характеристики РЭМ определяются параметрами электронного зонда. Наиболее важными параметрами зонда являются его геометрические характеристики: размер (диаметр) сфокусированного пучка электронов, углы его сходимости и расходимости и глубина фокусировки РЭМ. Методы измерения размера (диаметра) электронного зонда РЭМ определяются структурами, с помощью которых проводятся измерения.

Точное знание размера зонда гарантирует возможность измерений линейных размеров трапецевидных структур в широком диапазоне значений вплоть до десятков нанометров. Причем погрешность таких измерений в основном определяется погрешностью измерения размера электронного зонда растрового электронного микроскопа.

Приведены результаты измерений для случая, когда исследуемый эталон сравнения представляет собой изготовленную по технологии микроэлектроники рельефную структуру на поверхности кремниевой пластины, плоскость которой совпадает с кристаллографической плоскостью (100). В результате травления профиль каждой канавки имеет форму трапеции с равными боковыми сторонами, а угол наклона боковой стороны относительно нижнего основания равен углу $\varphi = 54,7^\circ$ между кристаллографическими плоскостями (100) и (111). Радиус скругления угла при верхнем основании составляет не более 3 нм.

Приведена зависимость неопределенности калибровки РЭМ в зависимости от метода измерения линейных размеров наноструктуры по полученному видеосигналу и определена возможность использования его при сличениях эталонов длины.

PULSE LASER RANGEFINDER FOR LENGTH MEASUREMENT IN THE NEAR ZONE

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

Купко В. С., Приёмко А. А., Кравчук А. С.
Харьков, Украина

Keywords: pulse rangefinder, near zone, semiconductor laser.

Ключевые слова: импульсный дальномер, ближняя зона, полупроводниковый лазер.

Аннотация

Рассмотрены особенности работы полупроводниковых лазерных дальномеров малых расстояний (0,1...200 м). Отмечено, что измерение расстояний импульсным лазерным дальномером в ближней зоне характеризуется тремя основными особенностями, снижающими точность и достоверность результатов: наличием теневой зоны, преобладанием боковых мод лазерного излучения, возможной энергетической перегрузкой фотоприёмника. Противоречивость этих особенностей требует решения оптимизационной задачи снижения уровня перегрузки приемного тракта и уменьшения теневой зоны дальномера, что предъявляет противоположные требования к аппаратной функции. Рассмотрена компенсация дефицита энергии зондирующего излучения полупроводникового лазера с помощью метода некогерентного накопления сигнала. С целью выделения отраженного сигнала на фоне помех использована корреляционная обработка массива накопленных данных. Показано, что применение двух импульсных каналов с разностью периодов 300 пс позволяет проводить измерения расстояния до 200 м с погрешностью 5 см.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS IN THE NANOMETER RANGE

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ В НАНОМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Kataieva M.¹, Kvasnikov V.¹, Kupko V.²

¹Київ, ²Харків, Україна

Keywords: scanning probe microscope, nano-measurements, microrelief, digital image.

Ключові слова: скануючий зондовий мікроскоп, нановимірювання, мікрорельєф, цифрове зображення.

Abstract

The article proposes a method of measurement using a Scanning Probe Microscope. Methods for obtaining and restoring a digital image of the nanorelief of the surface of the measuring object are proposed. The main ways of further improvement of metrological works in the nanometer range with the use of a Scanning Probe Microscope are determined.

The method of image recovery is based on the use of some model ideas about the shape of the probe, but more accurate results are obtained using the real shape of the SCM probes in the process of deconvolution. A method of correcting such defects using the procedure of alignment of relief measurements in rows. Each scan line contains the average elevation value $Z_j = \frac{1}{N} \sum_i Z_{ij}$, where N is the number of measurement points in the row.

Then the corresponding averages are subtracted from the values in each row of the measurement set $Z'_{ij} = Z_{ij} - Z_j$. In the new set, the average value in each line is zero. Satisfactory results are obtained by changing the brightness of the current line, based on the average measurement of the 4 previous lines

$$\begin{cases} Z'_{ij} = Z_{ij} - Z_j, \\ Z_j = \frac{1}{4} \sum_{k=i-4}^i Z_{ij}, \end{cases}$$

where $M = N - 2n$, N is the number of points in the scan line. After, a graph of dependence was built

$$\ln \left[\left(\frac{N}{n} \right)^3 V_n \right] \text{ from } \ln \left[\frac{N}{n} \right] \text{ for } n = 1, 2, \dots, n_{\max}.$$

The tangent of the angle of inclination of this graph to the abscissa gives the value of the fractal dimension D_{SPM} . The Hirst coefficient was calculated $h_{\text{SPM}} = 3 - D_{\text{SPM}}$. Studies of scanning probe microscope images show that for correct averaging of measured values it is recommended to take an odd number of rows.

The implementation of the proposed methods of obtaining and restoring a digital image of the nanorelief of the surface of the measuring object will significantly reduce the number of anomalous deviations in the measurements and will increase the accuracy of the obtained digital image.

BLOCK DIAGRAM OF THE QUANTUM GRAVIMETER BASED ON COLD ATOMS

СТРУКТУРНА СХЕМА КВАНТОВОГО ГРАВІМЕТРА НА ХОЛОДНИХ АТОМАХ

Яценко Л. П.¹, Негрійко А. М.¹, Романенко В. І.¹, Ходаковський В. М.¹, Мацнев І. В.¹, Передерій О. О.¹, Потьомкіна Ж. В.¹, Удовицька О. Г.¹, Неєжмаков П. І.², Вінніченко О. І.²
¹Київ, ²Харків, Україна

Keywords: *quantum gravimeter, laser cooling of atoms, cold rubidium atoms.*

Ключові слова: *квантовий гравіметр, лазерне охолодження атомів, холодні атоми рубідію.*

Анотація

Технологія квантового гравіметра, що базується на вимірюванні методами атомної інтерферометрії прискорення вільно падаючого газу охолоджених до наднизьких температур атомів, активно розвивається протягом останніх років завдяки проривним відкриттям у галузі фундаментальної фізики, здійсненим від початку до останніх десятиліть двадцятого століття. Можна назвати низку нобелівських премій, присуджених за результати, які у тій чи іншій формі реалізовані у сучасних квантових гравіметрах: лазерне охолодження атомів до наднизьких температур, методи маніпулювання атомами силами світлового тиску та керування квантовими станами окремих атомів, методи лазерної спектроскопії та оптичної метрології тощо. Завдяки цим фундаментальним відкриттям протягом останніх десятиліть створено квантові гравіметри, які застосовуються у фундаментальній фізиці, дослідженні стабільності фундаментальних фізичних констант, вимірюванні з високою точністю гравітації та градієнта гравітації, кутової швидкості обертання. Якщо порівняно недавно це були переважно лабораторні прилади, то сьогодні все більше робіт виконується у напрямі створення мобільних високочутливих систем із можливістю їх розміщення на рухомих платформах – наземних, морських, повітряних.

Розглядається структурна схема квантового гравіметра на основі холодних атомів рубідію, яку може бути реалізовано в Україні для забезпечення потреб фундаментальної та прикладної науки, метрології, геодезії, геології тощо.

Структурна схема квантового гравіметра включає блок лазерного охолодження і накопичення холодних атомів, блок квантової підготовки атомних станів, блок атомного інтерферометра, блок детекторів квантових станів та обробки сигналу, лазерну систему з електронним блоком керування параметрами лазерного випромінювання, вакуумну систему, систему шумозаглушення та віброзахисту.

Надається детальна характеристика блоків квантового гравіметра, технічні вимоги до їх параметрів, описуються можливі варіанти технічної реалізації блоків для забезпечення роботи гравіметра у стаціонарному та мобільному варіанті реалізації.

MULTI-FREQUENCY LASER SYSTEM FOR QUANTUM GRAVIMETER BASED ON THE COLD ATOMS

МУЛЬТИЧАСТОТНА ЛАЗЕРНА СИСТЕМА КВАНТОВОГО ГРАВІМЕТРА НА ХОЛОДНИХ АТОМАХ

Ходаковський В.М., Негрійко А.М., Мацнев І.В., Передерій О.О., Яценко Л.П.
Київ, Україна

Keywords: *atom interferometer, laser, frequency, atom, rubidium, resonance, acousto-optic modulator (AOM).*

Ключові слова: *атомний інтерферометр, лазер, частота, атом, рубідій, резонанс, акустооптичний модулятор (AOM).*

Анотація

Описується розроблена лазерна система на основі напівпровідникового лазера з розподіленим за частотою зворотним зв'язком EYP-DFB-0780-00040-1500-BFW11-0005 та підсилювача EYP-TPA-0780-01000-3006-CMT03-0000 фірми Eagleyard Photonics GmbH (Німеччина), системи стабілізації частоти випромінювання лазера за резонансним поглинанням атомів рубідію та схеми генерації, необхідної для роботи квантового гравіметра сітки оптичних частот за допомогою акустооптичних модуляторів.

Лазер EYP-DFB-0780-00040-1500-BFW11-0005 виконано у монолітному герметичному корпусі «батерфляй» з інтегрованим термоелектричним охолоджувачем, термістором, фотодіодом для моніторингу потужності та колімактором лазерного пучка. Довжина хвилі випромінювання лазера попередньо настроєна на лінію D2 атома рубідію (780.032 859 5(78) нм) вибором параметрів резонатора, точна настройка здійснюється за резонансом насиченого поглинання атома рубідію. Конструкцією передбачено можливість (у разі потреби) змінювати довжину хвилі випромінювання у діапазоні 779–781 нм. Неперервна (без перескоку мод) перестройка частоти випромінювання лазера становить не менше 10 ГГц, ширина лінії випромінювання не перевищує 0,6 МГц, максимальна вихідна потужність (без підсилювача) – 50 мВт. Оптичний підсилювач EYP-TPA-0780-01000-3006-CMT03-0000 розрахований на довжину хвилі випромінювання 780 нм, ширина лінії підсилення (спектральний діапазон) – 20 нм, підсилення – 20 дБ, довжина резонатора – 2,75 мм, мінімальна вихідна потужність – 1 Вт. Для стабілізації частоти випромінювання лазера за резонансом насиченого поглинання розроблено електронну систему автоматичної підстройки частоти на основі синхронного детектора на основі мікросхеми ADA2200. Забезпечено генерацію змінної частоти модуляції та відповідної до неї тактової частоти з можливістю довільно встановлювати зсув фази.

Характеристики лазерної системи відповідають вимогам, які передбачені для використання в атомному гравіметрі на основі холодних атомів рубідію.

**СЕКЦІЯ 5.
МАСА ТА ПОВ'ЯЗАНІ З НЕЮ ВЕЛИЧИНИ.
ВИТРАТОМЕТРІЯ**

REGULATORY AND TECHNICAL ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF GAS ACCOUNTING IN ENERGY UNITS IN UKRAINE

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОБЛІКУ ГАЗУ В ОДИНИЦЯХ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Kuz M., Zamikhovskiy L., Kuz H., Shulha V.
Ivano-Frankivsk, Ukraine

Keywords: natural gas, energy, volume conversion device.

Ключові слова: природний газ, енергія, пристрій перетворення об'єму.

Abstract

In modern conditions, the issue of the quality of natural gas, including the development of gas energy measuring instruments, is becoming increasingly relevant. The Law of Ukraine «On the Natural Gas Market» establishes the need for instrumental metering of natural gas «in order to obtain and register reliable information about the volumes and quality of natural gas during its transportation, distribution, supply, storage and consumption».

In accordance with the «Rules for the Supply of Natural Gas» in force in Ukraine, settlements with consumers for natural gas should be carried out in cubic meters, reduced to standard conditions and expressed in energy units. However, this contradicts the requirement of the «Technical Regulation of Measuring Instruments», which states that settlements with consumers should be based on the results of measuring gas volumes read from the indicating device. As you know, the indicating devices of gas meters that are operated in Ukraine reflect the measured volumes of gas in cubic meters.

Currently, the requirements of the above regulatory documents are partially implemented, in particular, in full-scale industry and partly in the municipal sphere, the readings of measuring the volume of gas by the meters are being adjusted depending on the temperature and pressure of the gas.

The technical regulation of measuring instruments allows for the use of volume conversion devices for gas accounting. Namely, devices for converting volume into energy units can become constituent components of intelligent measurement systems, which will create a unified industry-specific intelligent network in Ukraine. This will allow you to keep up to date, using world achievements in the field of artificial intelligence. For this, Ukraine has an appropriate technical base, an experienced scientific and technical potential and a number of research and production organizations with practical experience in manufacturing such systems.

ПОТОКОВИЙ РЕЗОНАНСНИЙ ГУСТИНОМІР ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Петришин І. С., Бас О. А., Присяжнюк Л. О.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: *densitometer, density, natural gas, resonator.*

Ключові слова: *густиномір, густина, природний газ, резонатор.*

Анотація

Міністерство енергетики та захисту довкілля України відповідно до статей 12 і 18 Закону України «Про ринок природного газу» та пункту 213 Плану заходів з виконання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони розробило проєкт Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту природного газу». В додатках у переліку суттєвих вимог щодо якісних параметрів природного газу зазначено фізичний параметр густини та відносної густини природного газу.

Визначення густини природного газу запропоновано здійснювати із застосуванням явища резонансу газового середовища в замкненій ємності з відомими геометричними параметрами, яка розташована перпендикулярно до напрямку руху потоку газу в трубопроводі. Практичною реалізацією цього явища є резонатор Гельмгольца, принцип якого побудовано на виникненні резонансного коливання маси газу з невідомим значенням частоти, яка залежить від геометричних параметрів ємності, що заповнюється газом. Для проведення репрезентативного вимірювання в ємність вмонтовано звуковий динамік, призначення якого полягає у генеруванні вимушених акустичних коливань стабільної частоти та амплітуди, які будуть спрямовані також перпендикулярно до основного руху газу. Крім того, перпендикулярно до нього, тобто паралельно трубопроводу, в стінку ємності встановлено мікрофонну головку з діаграмою направленості, яка забезпечить максимальну чутливість та визначення частоти коливання газового середовища, що буде міститися в ємності. Слід відзначити, що запропонований спосіб визначення густини природного газу та розроблений газовий резонансний густиномір може бути змонтовано безпосередньо на газопроводі та застосовано в режимі потокового вимірювання густини газу.

INFORMATION PROPERTIES OF HILBERT-HUANG MODES IN MULTICHANNEL PRESSURE MEASUREMENTS

ІНФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МОД ГІЛЬБЕРТА-ХУАНГА В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАННЯХ ТИСКУ

Poliarus O., Poliakov Ye., Medvedovska Ya., Yanushkevich S., Chmuzh M.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: *characteristics of the sensors, Hilbert-Huang modes, multichannel measurements, solving inverse problems, Wiener model.*

Ключові слова: *характеристики датчиків, моди Гільберта-Хуанга, багатоканальні вимірювання, вирішення зворотних задач, модель Вінера.*

Abstract

The safety of many enterprises in the energy, chemical and other industries depends significantly on the information coming from the pressure sensors. For reliability, the number of sensors measuring the same parameter is increased to two, three and even, in some cases, up to six. The decision-making process with a small difference between the pressure indications in different sensors is simple, but if there are significant differences between them, it can become uncertain. The report considers a system that includes three pressure sensors connected to one line. The model of each sensor is a virtual connection of an inertial linear and non-inertial block (Wiener model), and the conversion function of the second block can be linear or nonlinear. Since random pressure processes at the inputs and outputs of sensors are often non-stationary, the realization of these processes is decomposed by the Hilbert-Huang modes, which are usually stationary. The aim of the study is to estimate the probability of finding the characteristics of the sensors (conversion function and time constant) within the established tolerances based on the analysis of only the realizations of the output signals and Hilbert-Huang modes. If the characteristics of one of the sensors are well known (for example, a sensor that has been calibrated on a stand), then the signal at its output is considered to be reference and the output signals of other sensors are compared with it, and also the characteristics of these sensors are determined with the help of methods developed by the authors for solving inverse problems. A more complex situation arises when all sensors are equivalent, i.e. none of them is preferred. Then, to achieve the aim of the study, the measuring multichannel system must be smart and make decisions based on the information contained in the features of the output signals and Hilbert-Huang modes. These features are identified in the report based on the simulation results, which used different types of input signals and sensors with different characteristics.

ОЦІНКА ЗНОСУ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ СТВОЛІВ ЗА АКУСТИЧНИМИ
СИГНАЛАМИ ПОСТРІЛІВ

Добринін С. В., Максимов М. В., Болтънков В. О.
Одеса, Україна

Keywords: artillery barrel wear, ballistic wave, muzzle wave.

Ключові слова: знос артилерійського ствола, балістична хвиля, дульна хвиля.

Анотація

Показано можливість оцінки рівня зносу стволів артилерійських гармат за акустичними сигналами пострілів. Незважаючи на важливість знання поточного стану ствола, існуючі методи оцінки зносу недостатньо оперативні. Ці методи дають досить наближені оцінки або вимагають дорогого устаткування. На відміну від відомих методів, запропонований у доповіді метод оперативний, не вимагає великих витрат, може бути поєднаний із тренувальними стрільбами та легко автоматизується. Досліджено характеристики балістичної та дульної хвиль, що утворюються при пострілі з гармати, показано відмінності їх параметрів для стволів без зносу і стволів із критичним рівнем зношеності. Показником зносу ствола служить початкова швидкість снаряда. Показано, що за акустичними характеристиками постріл зі ствола, що має будь-який ступінь зносу, еквівалентний пострілу з гармати меншого калібру. Проведено обчислювальний експеримент на реальних акустичних сигналах, що зареєстровані при стрільбі 155 мм гаубиці. Обрано інформативні ознаки акустичних сигналів від пострілів, що дозволяють автоматично класифікувати стволи на два класи – стволи, придатні до використання, і стволи зі зносом, що перевищує критичний. Показано, що застосування методу опорних векторів (SVM) дозволяє впевнено класифікувати стволи за рівнем зносу на підставі часових і спектральних ознак балістичної та дульної хвиль. При аналізі акустичних сигналів від пострілів застосовано кумулятивний аналіз спектральних характеристик. Це дало можливість суттєво підвищити ймовірність правильної класифікації стволів.

Отримані результати корисні для практичного застосування в артилерійських підрозділах у польових умовах. Результати досліджень дозволяють розробити автоматизовану систему оцінки стану стволів із високою оперативністю, що забезпечує достатню в бойовій практиці точність оцінки рівня зносу стволів.

INTELLIGENT SYSTEM FOR RECOGNITION COORDINATES SOUND SOURCE SIGNAL

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ КООРДИНАТ ДЖЕРЕЛА ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ

Пукальський О. Б.
Львів, Україна

Keywords: neural networks, signal source, determination method.

Ключові слова: нейронна мережа, джерело звукового сигналу, метод визначення.

Анотація

Завдання виявлення координат джерела звукового сигналу споконвіку залишалося актуальним. Необхідність у найефективнішому рішенні цього завдання є дуже важливою для таких сфер, як армія, астрономія, транспорт, комунікація, метеорологія тощо. Тому людство завжди працювало над знаходженням нових методів визначення координат джерела звукового сигналу, а також намагалося покращити можливості та функціонал наявних.

На світовому ринку існує досить багато такого роду методів та систем. Завдання у всіх одне – визначення координат джерела звукового сигналу, але для цього вони використовують різні принципи та методи реалізації.

Оскільки з розвитком технологій з'явився новий цікавий математичний апарат – нейронна мережа, то можна створити новий метод визначення координат джерела звукового сигналу. А саме метод, у якому визначення координат джерела звукового сигналу здійснювалося б розпізнаванням їх нейронною мережею. Основним принципом такого методу є створення та навчання моделі нейронної мережі для ідентифікації координат джерела звукового сигналу.

Успішне навчання та імплементація такої моделі нейронної мережі забезпечить можливість її реалізації на різного роду мобільних пристроях, які містять мікрофон і можуть бути об'єднані у спільну систему комунікації, використовуючи будь-який відомий бездротовий інтерфейс. Тобто це означає, що вказаний метод буде доволі гнучким, і систему розпізнавання джерела звукового сигналу може бути побудовано на звичайних смартфонах.

PROFICIENCY TESTING: CALIBRATION OF MEASURING FLASKS FOR MEDICAL LABORATORIES

ПЕРЕВІРКА ПРОФЕСІЙНОГО РІВНЯ: КАЛІБРУВАННЯ КОЛЬ МІРНИХ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Величко В. А., Чепела В. М., Новомодний О. М., Коржов І. М.
Харків, Україна

Keywords: proficiency testing, EN ISO/IEC 17043, calibration, measuring flasks.

Ключові слова: перевірка професійного рівня, EN ISO/IEC 17043, калібрування, колби мірні.

Анотація

Раунд схеми перевірки професійного рівня з калібрування колб мірних проведено акредитованим провайдером перевірки професійного рівня, Метрологічним центром ДП «Харківстандартметрологія»; звіт за результатами раунду схеми перевірки професійного рівня № С-М 38422000-9 19/08-П/19 з калібрування колб мірних опубліковано на офіційній вебсторінці провайдера (<http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23>).

При аналізі документів за результатами калібрування колби мірної, що надані учасниками раунду схеми перевірки професійного рівня, було виявлено використання єдиного методу калібрування – гравіметричного. Водночас учасники використовують різні методики калібрування власної розробки з різними бюджетами невизначеності, які враховують різний набір впливових величин, що, в свою чергу, відображується у вигляді суттєво різних розширених невизначеностей.

Аналіз отриманих результатів свідчить про наявну потребу у створенні та використанні стандартизованої методики калібрування, що дасть змогу забезпечити єдиний та зрозумілий підхід до проведення та оформлення результатів калібрування мірного посуду взагалі та колб мірних зокрема. Основою такої методики може слугувати методика калібрування гравіметричним методом, що викладена у європейському документі EURAMET Calibration Guide No. 19 Version 3.0 (09/2018). Зважаючи на використання результатів калібрування колб мірних, у тому числі медичними лабораторіями, вважаємо, що створення й використання стандартизованої методики калібрування мірного посуду та, зокрема, мірних колб не тільки відповідає сучасним метрологічним потребам замовників калібрування, але й покращить метрологічне забезпечення критично важливої діяльності медичних лабораторій.

IMPROVEMENT OF THERMOCATALYTIC METHOD FOR NATURAL GAS QUALITY CONTROL

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМОКАТАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Шинкарук Х. М., Чеховський С. А.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: natural gas, quality control, thermocatalytic converter.

Ключові слова: природний газ, контроль якості, термокаталітичний перетворювач.

Анотація

Найбільшим споживачем природного газу в Україні як джерела енергії є промислове та комунально-побутове товариство. Україна належить до енергодефіцитних країн і здатна забезпечити менш ніж 50% потреб населення. Тому в умовах неухильного зростання світових цін на природний газ актуальним завданням є контроль його якості як енергоносія безпосередньо у споживачів. Зараз усе більшої актуальності набуває питання вдосконалення методів та засобів оперативного контролю якості природного газу. Одним із таких методів є термохімічний, що базується на використанні термокаталітичного перетворювача. Такі технічні засоби можуть бути встановлені у кінцевих споживачів природного газу, оскільки є недорогими та простими за конструкцією.

Проведені експериментальні дослідження проб газу на лабораторній установці підтвердили можливість використання термокаталітичного методу для визначення теплоти згорання природного газу в режимі реального часу. У процесі досліджень виявлено, що активація порівняльного елемента існуючих термокаталітичних перетворювачів у середовищі природного газу обумовлюється накопиченням на поверхні порівняльного елемента продуктів термічної деструкції вуглеводнів, а також додатковим розігріванням порівняльного елемента. Встановлено закономірності процесу накопичення продуктів термічної деструкції вуглеводнів на поверхні чутливих елементів термокаталітичних перетворювачів при нормальній роботі. Показано, що для запобігання карбонізації чутливих елементів слід вибирати температуру попереднього нагрівання робочого елемента понад 410 °С, а температуру попереднього нагрівання порівняльного елемента знижувати до 300 °С.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу компонентного складу природного газу на функціонування термокаталітичного перетворювача при різних параметрах природного газу з метою підвищення точності вимірювання теплотворної здатності природного газу.

ЗВІРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ

Петришин І. С., Середюк Д. О., Бас О. А., Гулик В. Я.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: national standard, gas volume and volume flow rate, comparison.

Ключові слова: національний еталон, об'єм та об'ємна витрата газу, звірення.

Анотація

Мінекономіки присвоїло статус національних для двох вторинних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу, які зберігаються в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія». Еталони отримали шифри НДЕТУ М-04-2019 і НДЕТУ М-05-2019 та занесені до Переліку національних еталонів. Вторинні еталони забезпечують вимірювання та передавання одиниць об'єму та об'ємної витрати газу в діапазоні від 0,001 до 0,3 м³/год для НДЕТУ М-05-2019 та в діапазоні від 0,016 до 25 м³/год для НДЕТУ М-04-2019. Вторинні еталони відповідають п. 3 Порядку та критеріїв надання еталонам статусу національних еталонів, у частині забезпечення найвищих метрологічних властивостей серед еталонів зазначеної одиниці, що є в державі.

Крім того, ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» є організацією-зберігачем національного державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ДЕТУ 03-01-15, який забезпечує відтворення одиниці об'ємної витрати газу в діапазоні від 1 до 250 м³/год, та національного державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до 1,6 МПа, який, у свою чергу, аналогічно забезпечує відтворення одиниці об'ємної витрати газу в діапазоні від 4 до 200 м³/год при тиску, близькому до атмосферного.

Особливістю наявного комплексу зазначених національних еталонів є те, що їхні діапазони одиниці об'ємної витрати газу частково перетинаються між собою, що, в свою чергу, дає можливість провести їхнє взаємне звірення та визначення рівня еквівалентності.

Оброблення результатів звірень національних еталонів у діапазонах об'ємної витрати газу, які є спільними, доцільно виконати із застосуванням методики опрацювання результатів міжнародних звірень національних еталонів. Для реалізації звірення еталонів доцільно застосовувати, як еталони порівняння, високоточні та стабільні засоби, зокрема: критичні сопла, набори сопел критичного витоку та еталонні лічильники газу барабанного і роторного типів.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕРМОАНЕМОМЕТРІЇ У СФЕРІ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Середюк О. Є., Криницький О. С., Ткачук В. В.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: *natural gas, thermoanemometer, flow rate, volume, heat of combustion.*
Ключові слова: *природний газ, термоанемометр, витрата, об'єм, теплота згорання.*

Анотація

Сьогодення економії й раціонального використання енергетичних ресурсів актуалізує наукові дослідження у сфері вдосконалення засобів обліку природного газу. Одним із напрямків вирішення поставленого завдання може бути застосування термоанемометричного методу вимірювання витрати газових потоків, у тому числі природного газу.

Перевагами термоанемометричних витратомірів є широкий діапазон вимірюваних швидкостей витрати потоку, незначна інерційність застосовуваних термоелементів, яка обґрунтовує можливість вимірювання нестаціонарних і пульсуючих потоків, а також відсутність рухомих елементів у первинних перетворювачах. Найбільш суттєвим недоліком є нестабільність градувальних характеристик терморезисторів при їх функціонуванні за складних температурних режимів. Однак сучасні технології виготовлення таких сенсорів сприяють зменшенню вказаних недоліків, що відкриває нові аспекти їх застосування.

Однією із тенденцій розвитку термоанемометрії є конструктивне вдосконалення чутливих елементів з урахуванням параметрів вимірюваного середовища. На практиці можуть бути використані терморезистори дротяний, напівпровідниковий та плівковий, кожен з яких характеризується особливостями застосування.

Тенденцією в термоанемометрії є розроблення витратомірів із частотно-часовими вихідними характеристиками та вдосконаленням мікропроцесорних систем обробки інформації.

Тенденціями розвитку методу є розроблення нових побутових лічильників газу, наприклад типу ГОРН ПАТ «Енергооблік» (м. Харків). Фірмою Honeywell розроблено нові термосенсори, які забезпечують функціонування при малих витратах. Слід відзначити новий напрям наукових досліджень, які спрямовані на визначення якісних, у тому числі енергетичних характеристик природного газу.

MEASURING THE COMPLEX REFLECTION REFLECTOR OF SHEAR ACOUSTIC SIGNALS

ВИМІР КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТА ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ ЗСУВНИХ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

Hakimov O., Muminov N.

Tashkent, Uzbekistan

Keywords: *measurement, coefficient, reflection, device, impedance, shear.*

Ключові слова: *вимір, коефіцієнт, відображення, пристрій, імпеданс, зсув.*

Abstract

A setup developed by the authors for measuring the complex reflection coefficient of acoustic signals in the frequency range 10–150 MHz.

In the field of molecular physics, when studying the mechanisms of intra- and intermolecular interactions in liquids, the need arises for measuring the components of the dynamic shear acoustic impedance of viscous liquids. One of the main methods for determining the components of the dynamic shear acoustic impedance of liquids is the measurement of the complex reflection coefficient of shear acoustic signals in a wide frequency range.

When using existing devices, the complex coefficient, i.e., reflection coefficient and phase shift, are calculated according to known dependencies manually, and thus the control performance is reduced. In order to increase the control performance, we developed a plant whose dryness is described in this report. The report describes in detail the installation we developed, its block diagram is given.

By the proposed device, we carried out control measurements in a number of liquids, such as ethylene glycol, castor, tung and cottonseed oils at a temperature of 20 °C. The obtained values of the reflection coefficient and phase shift of the acoustic signal at frequencies of 10 and 30 MHz within the limits of measurement uncertainty coincide with the data obtained by the usual method.

The described device allows you to automate the measurement process in the study of the viscoelastic properties of liquids in a wide range of frequencies, thereby allowing you to study the frequency dependence of the kinetics of rapidly occurring processes, in particular processes caused by changes in temperature, ultrasound frequency, etc.

COMPARISON OF THE STANDARDS OF A UNIT OF FLUID FLOW AS AN EFFECTIVE MEASURE TO ENSURE THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS WHEN ACCOUNTING FOR RESOURCES IN HEAT AND WATER SUPPLY SYSTEMS

ЗВІРЕННЯ ЕТАЛОНІВ ОДИНИЦІ ВИТРАТИ РІДИНИ ЯК ДІЄВА МІРА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ОБЛІКУ РЕСУРСІВ У СИСТЕМАХ ТЕПЛО- І ВОДОПОСТАЧАННЯ

Зайцева О. О., Чередниченко С. В., Ісхакова О. Б., Грiшанова І. А.
Київ, Україна

Keywords: resource accounting, uniformity of measurement, comparison of measurement.

Ключові слова: облік ресурсів, єдність вимірювань, звірення еталонів.

Анотація

Основним завданням створення еталонної бази України в галузі вимірювань витрати рідини є забезпечення єдності вимірювань, підвищення точності та достовірності вимірювання при здійсненні обліку споживання ресурсів у системах тепло- та водопостачання, паливно-енергетичному комплексі, а також для забезпечення технологічних процесів у харчовій промисловості, хімічній промисловості та цілому ряді інших галузей народного господарства України. Раціональне використання ресурсів неможливе без достовірних результатів вимірювань.

Достовірність результатів вимірювань підтверджується їх простежуваністю до національних еталонів. Особливістю еталонів витрати є те, що робочі еталони не можуть бути підключені до національного еталона безпосередньо. Тому для забезпечення простежуваності необхідно проводити звірення еталонів. Було проведено звірення еталонів одиниці витрати ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» та ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД». Як еталони порівняння були застосовані лічильники води Promag DN4 та Promag DN40. Параметри були досліджені в діапазоні від 0,063 до 40 м³/год. Температура води: (20 ± 5) °С та (50 ± 5) °С. За результатами звірень встановлено:

- значущі відхилення реальних параметрів від заданих в інструкції відсутні;
- за узгодженим діапазоном звірень для витрати від 0,063 до 40 м³/год усі результати установок узгоджуються;
- ступінь еквівалентності «Лабораторія до ОЗЗ» та «Лабораторія до лабораторії» $E_i \leq 1$, лабораторії добре узгоджуються;
- всі результати повністю задовільні зі ступенем еквівалентності менше ніж 1.

METROLOGICAL SUPPORT OF LIQUID COUNTERS: PRIMARY STANDARDS OF LIQUID FLOW OR INSTALLATIONS BASED ON STANDARD MEASURING TANKS

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ РІДИНИ: ПЕРВИННІ ЕТАЛОНИ ВИТРАТИ РІДИНИ АБО УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННИХ МІРНИКІВ

Неежмаков П. І., Народницький Г. Ю.
Харків, Україна

Keywords: *counters, standard, flow, measuring tank, uncertainty.*

Ключові слова: *лічильники, еталон, витрата, мірник, невизначеність.*

Анотація

Національні еталони витрати рідини мають, як правило, розширену невизначеність від 0,03% до 0,04% для об'ємної витрати. В цих еталонах застосовується масовий метод вимірювання з використанням вагів. Найбільш обережні учасники звірень заявляють розширену невизначеність своїх еталонів 0,04% навіть для масової витрати, яка не потребує вимірювання густини води. При цьому для більш точних вимірювань під час звірень застосовують перекидні пристрої для того, щоб початок вимірювань та їх закінчення визначались більш точно. Водночас для повірки та калібрування камерних лічильників використовуються еталонні мірники 2-го розряду з розширеною невизначеністю 0,05%. При цьому не потрібні ваги, зразу ж одержується об'ємна витрата, не потрібно вимірювати густину. В цьому випадку не використовується перекидний пристрій, але якась автоматика може використовуватись. Безумовно, використання перекидних пристроїв у національних еталонах забезпечує більшу стабільність еталонів під час міжнародних звірень.

ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS ON THE RESULT IN DETERMINING THE LITER WEIGHT

АНАЛІЗ ВПЛИВНИХ ЧИННИКІВ НА РЕЗУЛЬТАТ ПРИ ВИМІРЮВАННІ НАТУРИ ЗЕРНА

Колозінська І. О., Паценко О., Букало О., Чернікова А., Солодуха Т.
Харків, Україна

Keywords: liter weight, chondrometer.

Ключові слова: натура зерна, пурка.

Анотація

Проводиться дослідження впливних чинників на результат вимірювання натури зерна.

Натура зерна є простим та інформативним показником його якості. Чим вищий цей показник, тим кращі сумарні якості зерна. З огляду на вплив багатьох чинників на натуру, цей показник дає повну оцінку якості зерна в комплексі з іншими показниками, такими як маса 100 зерен, вологість і засміченість.

Визначення натури зерна виконується за допомогою пурки. Визначення натури зерна за допомогою пурки є швидкими і простими, не потребують спеціальних лабораторних умов або кваліфікаційних умов до оператора.

Результат вимірювання залежить від факторів конструктивного і технічного виконання складальних елементів пурки, а також від методики виконання вимірювань.

Проведено аналіз вхідних величин та впливних чинників на результат вимірювання під час визначення натури зерна, побудовано модель та невизначеність результату.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРИ ЗЕРНА

Колозінська І. О., Паценко О., Букало О., Чернікова А., Солодуха Т.
Харків, Україна

Keywords: liter weight, chondrometer, conformity assessment.

Ключові слова: натура зерна, пурка, оцінка відповідності.

Анотація

Виконано аналіз факторів, які впливають на результат вимірювань пурки. За допомогою пурки здійснюється визначення природи зерна, яка до цього часу є універсальним показником якості зерна. Визначення природи зерна за допомогою пурки є швидким і простим, не потребує спеціальних лабораторних умов або кваліфікаційних вимог до оператора.

Пурка відноситься до законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, оцінка відповідності якої встановлюється Технічним регламентом законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки.

Складністю виконання робіт з оцінки відповідності є відсутність чинних нормативних документів, які встановлюють вимоги й технічні характеристики пурок.

Розглянуто конструктивні особливості пурок та джерела невизначеностей пурок; на основі аналізу запропоновано перелік метрологічних характеристик, які забезпечують достовірний результат вимірювань і які повинні перевірятися під час робіт з оцінки відповідності та відображатися у сертифікаті перевірки типу.

SIMULATION OF DETERMINATION OF NANO HARDNESS OF THE THIN SURFACE FILMS

МОДЕЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАНОТВЕРДОСТІ ТОНКИХ ПОВЕРХНЕВИХ ПЛІВОК

Скляров В. В., Довженко Я. С., Ащепков В. О.
Харків, Україна

Keywords: *computer simulation, mechanical properties, hardness, experimental results, FEM.*

Ключові слова: *комп'ютерне моделювання, складна структура, аналітичне рішення, МСЕ.*

Анотація

Ідентування є загальним методом експериментального визначення твердості та пружних властивостей матеріалів. Тонкі поверхневі шари деталей обладнання визначають їх основні експлуатаційні характеристики. Загальним способом оцінки властивостей тонких поверхневих шарів є метод наноіндентування. Метод наноіндентування застосовується, коли товщина поверхневого шару не перевищує 20 нм. Кінетичні методи визначення твердості ґрунтуються на безперервній реєстрації процесу вдавлювання індентора із записом залежності глибини вдавнення індентора від прикладеного навантаження. За отриманими даними будується крива навантаження.

Особливість такого підходу полягає в реєстрації всієї кінетики процесу пружно-пластичного деформування матеріалу. За допомогою цього методу оцінюється модуль пружності, міцність і пластичні властивості покриття, міцність зчеплення покриття з основою, ступінь пористості матеріалу. Для аналізу кривих ідентування застосовується метод Олівера та Фарра, де нанотвердість визначається як відношення максимального навантаження до площі контакту піраміди Берковича. Оскільки, з причин відсутності теорії аналітичних рішень та факту вимірювання глибини ідентування, а не глибини контакту, знаходження нанотвердості виконується експериментально або із застосуванням методів комп'ютерного моделювання.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖОПОРШНЕВИХ МАНОМЕТРІВ

Зуєв О. В., Любецький С. Г.
Харків, Україна

Keywords: *pressure balance, standard, pressure, acceleration of gravity, uncertainty.*
Ключові слова: *вантажопоршневий манометр, еталон, тиск, прискорення вільного падіння, невизначеність.*

Анотація

Вантажопоршневі манометри (далі – ВПМ) є найбільш точними приладами для відтворення тиску та використовуються як еталони майже у всьому діапазоні абсолютних та надлишкових тисків. Ці прилади користуються попитом завдяки зазвичай відносно нескладній конструкції та стабільності. Однак правильне використання ВПМ пов’язано з низкою особливостей.

Однією зі складових рівняння для розрахунку тиску, що відтворюється ВПМ, є прискорення вільного падіння (далі – прискорення). Якщо вантажі зі складу манометра промарковані в одиницях тиску, то вказаний на вантажах тиск буде відповідати дійсному в межах класу точності лише у тому випадку, коли прискорення, з урахуванням якого було виготовлено вантажі, співпадає з прискоренням на місці, де проводяться вимірювання. В іншому випадку треба ввести поправку. Тобто використання ВПМ передбачає наявність інформації щодо значення прискорення вільного падіння в місці експлуатації.

При проведенні калібрування ВПМ визначаються такі складові бюджету невизначеності: сумарна стандартна невизначеність вимірювання ефективної площі поршня, невизначеності вимірювання маси поршня та вантажів. Але до повного бюджету невизначеності відтворювання тиску за допомогою ВПМ входить також низка складових, які необхідно враховувати безпосередньо користувачу при розрахунку повного бюджету невизначеності відтворення тиску.

**СЕКЦІЯ 6.
ФОТОМЕТРІЯ ТА РАДІОМЕТРІЯ**

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СВІТЛОДІОДАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗМІШУВАННЯ КОЛЬОРІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ОСВІТЛЕННЯ

Калустова Д. О., Корнага В. І., Олійник О. С., Рибалочка А. В.
Київ, Україна

Keywords: *smart lighting systems, light-emitting diode, controls, auto-tuning, RGBW colour mixing, tuneable white light.*

Ключові слова: *інтелектуальні системи освітлення, світлодіод, керування, автонідлаштування, змішування кольорів RGBW, регульоване біле світло.*

Анотація

На сьогодні все більшого поширення набувають світлодіодні інтелектуальні системи освітлення (ICO), які дозволяють динамічно змінювати колірні параметри результуючого світла, його інтенсивність, а також реалізовувати довільні сценарії освітлення. Такі системи вимагають розробки нових методів змішування кольорів, теоретична перевірка яких лише на базі спеціалізованого програмного забезпечення не враховує залежностей фотометричних параметрів світлодіодів від режиму керування та температурних умов їх роботи. Тому для ефективної перевірки методів змішування кольорів необхідна їх реалізація у реальних тестових макетах ICO.

У роботі подано розроблену авторами систему групового керування світлодіодами, яка дозволяє проводити дослідження методів змішування кольорів при використанні від двох до восьми різних типів світлодіодів. Режим живлення світлодіодів на кожному каналі реалізується або у режимі постійного струму, або у вигляді ШІМ сигналу. Для точності встановлення діючих значень струмів живлення в системі реалізовано функцію автонідлаштування за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора. Керування розробленою системою можливо здійснювати через спеціалізовані програми при підключенні до комп'ютера, а також в автономному ручному режимі. Роботу системи продемонстровано на прикладі тестування алгоритмів змішування кольорів RGBW (червоний/зелений/синій/білий), для яких встановлено умову мінімізації внеску RGB-компоненти, яка забезпечує одночасну роботу лише трьох світлодіодів із чотирьох.

Запропонована система керування світлодіодами є перспективною як для використання разом із фотометричними комплексами для перевірки методів змішування кольорів, так і для її інтегрування безпосередньо в системи освітлення, які призначені для використання в місцях роботи та відпочинку людини, в агропромисловому комплексі, в медичних закладах тощо.

КОМПАКТНЫЙ РЕФЕРЕНСНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ДИАПАЗОНА С

Nikanenka S., Danilchuk A., Lutsenko E.
Minsk, Republic of Belarus

Keywords: *ultraviolet radiation, UV-LED, reference source, measurement.*

Ключевые слова: *ультрафиолетовое излучение, УФ-светодиод, эталонный источник, измерение.*

Abstract

There are a number of problems in metrological insurance in the UV spectral region. First of all, it is a significant reduction in the accuracy of the transfer of measured units size from national standards of the corresponding optical quantities to working units in the CIE UV ranges. Second, when measuring in the UV CIE ranges, it is necessary to use a power meter with constant spectral sensitivity inside these ranges and zero outside it, which is very problematic due to the lack of high-quality UV filters. Third, the accuracy of the results of measuring optical characteristics of UV radiation is reduced significantly due to the difference in spectral distributions of the radiation intensity of the test and reference radiation sources. One of the promising ways to improve the accuracy of measurements in the UV spectral region is the use of reference radiation sources created on the basis of LEDs, due to their stability and long lifetime.

A compact reference UVC source based on state-of-the-art commercially available LED has been developed at B.I. Stepanov Institute of Physics NAS of Belarus. The paper presents the design and results of the study of the optical characteristics of the radiation of the reference UVC LED source. A power density of the compact reference UVC LED source is $> 200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, which provides a fine level for calibrating UV radiometers in range UVC.

ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАС-
ПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА С ПОМОЩЬЮ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ШАРА

Скумс Д. В., Ерошенко Б. В.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: angular intensity distribution, luminous flux, integration sphere, LED.

Ключевые слова: пространственное распределение, световой поток, фотометрический шар, СИД.

Аннотация

В 2015 г. в БелГИМ были завершены работы по созданию национального эталона единицы светового потока источников непрерывного излучения НЭ 28-16. В эталоне была схема первичного воспроизведения единицы светового потока по методу «абсолютной интегрирующей сферы». Данный метод при расчете неопределенности воспроизведения требует учета неравномерности внутреннего отражающего покрытия фотометрического шара. С этой целью в 2018–2019 гг. БелГИМ был создан компактный сканер поверхности фотометрического шара. Однако для корректных расчетов, помимо относительного распределения коэффициента отражения сферы, необходимо знать пространственное распределение излучения измеряемого источника. Особенно это актуально для узконаправленных излучателей и дизайнерских светильников сложной формы. Классическим методом решения данной задачи является измерение с помощью гониофотометра. Данный подход обладает рядом неустраняемых недостатков, таких как высокая стоимость гониофотометрического оборудования и возможность его эксплуатации только в специальных помещениях, трудоемкость и длительность процесса измерений. В 2017 г. в рамках работ по проекту EURAMET PhotoLED был предложен метод измерения относительного пространственного распределения излучения источников света с помощью фотометрического шара (Kokka A., Pulli T. et al. Fisheye camera method for spatial non-uniformity corrections in luminous flux measurements with integrating spheres. Metrologia, 2017, vol. 54, pp. 577–583). Измерения проводятся с помощью широкоугольной фотокамеры, установленной через свободный порт внутри фотометрического шара.

Основываясь на предложенной методологии, БелГИМ совместно с фирмой «Церсис Аналитик» был модернизирован фотометрический блок национального эталона светового потока и разработано программное обеспечение для расчета относительного пространственного распределения излучения источников света с помощью фотометрического шара. Корректность полученных результатов была валидирована путем сравнения с измерениями, выполненными на гониоспектрометрическом блоке эталона.

КАЛІБРАТОР МЕДИЧНИХ ПІРОМЕТРІВ «ТЕНЗОР-40»

Шабашкевич Б. Г., Добровольський Ю. Г., Тюменцев В. А.
Чернівці, Україна

Keywords: *calibrator, pyrometer, ABB, radiation, temperature, COVID-19.*

Ключові слова: *калібратор, пірометр, АЧТ, випромінювання, температура, COVID-19.*

Анотація

Для тестування медичних пірометрів та тепловізорів створено калібратор, що працює у діапазоні відтворюваних температур 35...42 °С.

Для контролю температури тіла людей в умовах епідемії вірусу COVID-19 масово використовують безконтактні медичні пірометри, які вимагають частого і спрощеного тестування у «польових» умовах, для забезпечення правильності прийняття рішення щодо ізолювання потенційно хворої людини. У НВФ «Тензор» на ініціативних засадах уперше в Україні створено інноваційний прилад – калібратор медичних пірометрів «ТЕНЗОР-40». Його використання потребує мінімальних навичок від персоналу (вміння увімкнути калібратор, направити на нього пірометр, записати покази).

Температура на випромінюючій поверхні задається за допомогою термоелектричного модуля Пельтьє у діапазоні температур від 35 до 42 °С й автоматично підтримується терморегулятором. Абсолютна похибка відтворення температури калібратором в обраній робочій точці не перевищує $\pm 0,1$ °С. Нестабільність підтримки температури на заданому рівні (СКВ за 1 хв) не перевищує $\pm 0,05$ °С. Випромінювач діаметром 30 мм має високий коефіцієнт емісії (випромінювання), понад 0,96, у тому числі на довжині хвилі $9,3 \pm 0,1$ мкм, що відповідає діапазону температур 35...42 °С. Калібратор налаштовується на одне вибране значення температури 37 °С.

При тестуванні приймальна частина пірометра спрямовується в центр випромінюючої поверхні АЧТ, на відстані 30–40 мм від її поверхні, яка обмежена відповідним кільцем, і проводяться вимірювання температури пірометром, яка порівнюється з температурою, вказаною на цифровому індикаторі калібратора.

Калібратор може застосовуватись у місцях масового безконтактного експрес-контролю температури людей при пандемії коронавірусу або інших інфекційних захворювань, на вокзалах, в аеропортах, лікарнях, навчальних закладах, науково-дослідних і навчальних медичних організаціях, службами МНС і санітарно-епідеміологічного контролю.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЕМІСІЇ ПОВЕРХНІ

Воробйов Л. Й., Декуша Л. В., Декуша О. Л., Ковтун С. І., Іванов С. О.
Київ, Україна

Keywords: *radiative heat exchange, emissivity measurement, heat flux sensors.*

Ключові слова: *радіаційний теплообмін, вимірювання коефіцієнта емісії, сенсори теплового потоку.*

Анотація

Значення коефіцієнта емісії (ступеня чорноти) поверхні є важливою характеристикою поверхні об'єктів, між якими здійснюється радіаційний теплообмін. Сучасні ефективні рішення для енергоощадних світлопрозорих будівельних конструкцій, поверхонь космічних апаратів та інших технічних об'єктів передбачають застосування спеціальних покриттів, які забезпечують необхідний рівень радіаційної складової теплообміну. При впровадженні технології нанесення таких покриттів, випробуваннях та застосуванні готових виробів актуальним є проведення контролю коефіцієнта емісії.

Запропоновано диференціальний теплотричний метод вимірювань та розроблено конструкцію переносного приладу для експрес-вимірювання коефіцієнта емісії поверхонь матеріалів та покриттів. Тепловий блок приладу містить корпус із теплоізоляційного матеріалу, в якому утворено дві паралельні та однакові за розмірами циліндричні комірки (канали). Бокові поверхні комірок мають дзеркальне відбивне покриття, торці комірок з однієї сторони відкриті для теплообміну з поверхнею досліджуваного матеріалу, а у протилежних торцях встановлені сенсори теплового потоку, причому покриття сенсорів двох комірок мають контрастні значення коефіцієнта емісії – чорне та біле.

Детальне комп'ютерне моделювання складного радіаційно-конвективного теплообміну в комірках показало, що хоча диференціальна схема значною мірою компенсує вплив конвективної складової теплообміну, залишкова неідентичність теплообміну в комірках призводить до незначного зміщення калібрувальної характеристики та її нелінійності. Запропоновано методику калібрування приладу за стандартними зразками, яка дозволяє компенсувати вплив згаданих факторів.

СПЕКТРОРАДІОМЕТРИЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КАЛІБРУВАННЯ РАДІАЦІЙНИХ ТЕРМОМЕТРІВ

Неежмаков П. І., Назаренко Л. А., Терещенко В. В.
Харків, Україна

Keywords: *radiation thermometer, monochromator, trap-detector, calibration, filter, spectrum.*

Ключові слова: *радіаційний термометр, монохроматор, трап-детектор, калібрування, фільтр, спектр.*

Анотація

В ННЦ «Інститут метрології» виконується робота з удосконалення державного первинного еталона одиниці температури за випромінюванням у діапазоні від 1357,7 до 2800 К. Для дослідження та калібрування лінійного пірометра LP-4 зі складу еталона було запропоновано спектрорадіометричну установку, яка складається з джерела оптичного випромінювання, спектрального обладнання з системою формування оптичного променя та юстування, еталонного приймача та досліджуваного пірометра, вимірювального обладнання. Широкосмугове джерело оптичного випромінювання разом зі спектральним обладнанням дозволяє сканувати фільтри LP-4 з кроком 0,1 нм в усіх ділянках спектра пропускання. Оскільки поля зору лінійного пірометра та трап-детектора мають різну геометрію реєстрації випромінювання, спектральне обладнання оснащено інтегруючою сферою як однорідного джерела типу Ламберта, вихідний отвір якої спроектовано спеціально для вхідної діафрагми лінійного пірометра. Застосування трап-детектора на основі самокалібрувальних фотодіодів дозволяє визначати світовий потік від інтегруючої сфери без застосування криогенного радіометра, а відкалібрований лінійний пірометр LP-4 – термодинамічну температуру реперних АЧТ.

Запропонована спектрорадіометрична установка дає можливість вимірювати абсолютну спектральну чутливість будь-якого радіаційного термометра для реалізації температурної шкали незалежно від МТШ-90.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ СВІТЛО-
ДІОДНИХ ЛАМП ТА СВІТИЛЬНИКІВ ДЛЯ ЗАГАЛЬНОГО
ОСВІТЛЕННЯ

Шпак С. В., Кожушко Г. М., Кислиця С. Г., Сахно Т.
Полтава, Україна

Keywords: lamp, light emitting diode (LED), luminaires, photobiological safety, risk group.

Ключові слова: лампа, світловипромінюючий діод (СВД), світильник, фотобіологічна безпека, група ризику.

Анотація

Синє світло високої яскравості може спричинити пошкодження сітківки ока людини. Причиною пошкодження є фотохімічне розкладання пігментів, що містяться в клітинах зорових рецепторів.

Для ламп та світильників загального освітлення значення параметрів небезпеки світла подаються як у вигляді енергетичної яскравості L_B , зваженої за функцією небезпеки синього світла $V(\lambda)$, так і енергетичної освітленості E_B на відстанях, де утворюється освітленість 500 лк. Для інших джерел світла – на відстані 200 мм, що є найбільш несприятливими умовами.

Досліджувалися світлодіодні лампи та світильники для загального освітлення, в яких використовувалися світлодіоди різної потужності з різними корельованими кольорними температурами. Енергетичні яскравість L_B та освітленість E_B визначали згідно з вимогами ДСТУ EN 62471:2017 та ДСТУ ІЕС/TR 62778:2015 за допомогою комплекту обладнання OST 300.

Комплект обладнання OST 300 містить у собі спектрорадіометри та програмне забезпечення для розрахунку L_B та E_B на основі спектральної густини випромінювання, а також для розрахунку фотометричних та колориметричних параметрів.

Показано, що класифікація ламп та світильників щодо віднесення їх до виробів для загального освітлення має великий вплив на результати оцінювання фотобіологічної безпечності: один і той же світильник чи лампа можуть мати різні групи ризику при оцінюванні їх із різних відстаней. Вироби для загального освітлення, оцінені з відстані, де утворюється освітленість 500 лк, не можуть мати параметрів, що перевищують межі групи RG1. При відстані 200 мм частина світильників із яскравими світлодіодами без світлорозсіювачів може відноситися до групи ризику RG2. Але більшість ламп та світильників навіть при відстані оцінення 200 мм відносяться до групи RG0 та RG1 і є безпечними для різних сфер освітлення.

ON THE MODERN METHOD FOR EVALUATING THE ENERGY TECHNICAL LIGHT OUTPUT OF SCINTILLATORS

ПРО СУЧАСНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТЕХНІЧНОГО СВІТЛОВОГО ВИХОДУ СЦИНТИЛЯТОРІВ

Гриньов Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленська О. В., Любинський В. Р., Міцай Л. Й., Молчанова Н. І., Тарасов В. О.
Харків, Україна

Keywords: *scintillator, technical light output, conventional unit of light output.*

Ключові слова: *сцинтилятор, технічний світловий вихід, умовна одиниця світлового виходу.*

Анотація

У роботі описано сучасний метод оцінки енергетичного технічного світлового виходу різних сцинтиляторів, що випускаються Інститутом сцинтиляційних матеріалів НАН України.

У період СРСР за одну умовну одиницю світлового виходу (1 У.О.С.В.) служив технічний світловий вихід (ТСВ) групового еталона на основі монокристалів стильбену (ОСТ 6-09-91-80). Наразі ТСВ сцинтиляторів повинен контролюватися в енергетичних одиницях – фотонах/МеВ (ф/МеВ) (ДСТУ ІЕС 62372: 2009). ТСВ еталонного (робочого) монокристала стильбену, C_{ph} , визначався у ф/МеВ декількома абсолютними методами і становив у середньому 7200 ф/МеВ. Сумарна похибка визначення C_{ph} не перевищувала 6,5%. Однак через трудомісткість абсолютних методів C_{ph} ряду робочих зразків інших сцинтиляторів дотепер не визначено у ф/МеВ.

Пропонується оцінювати C_{ph} будь-якого сцинтилятора шляхом первісного звірення його світлового виходу зі стильбеном, обліку спектральної нормалізації та подальшого перерахунку у ф/МеВ з урахуванням енергії утворення одного фотону сцинтиляції ϵ , в еВ, для довжини хвилі λ_{max} , у нм, що відповідає максимуму спектра радіоломінесценції сцинтилятора. Сумарна похибка цього методу не перевищувала 8%. Отримано результати для сцинтиляторів на основі NaI(Tl), CsI(Tl), CsO, BGO, *n*-терфенілу, антрацену, стильбену та ПС. Приклад перерахунку для NaI(Tl): $\lambda_{max} = 415$ нм, $\epsilon = 2,99$ еВ, $C_{ph} = 4,3 \rightarrow 31600$ ф/МеВ.

INVESTIGATION OF ABSOLUTE VALUES OF SPECTRAL DENSITY OF LIGHT MEASURING LAMPS

ДОСЛІДЖЕННЯ АБСОЛЮТНИХ ЗНАЧЕНЬ СПЕКТРАЛЬНОЇ ГУСТИНИ СВІТЛОВИМІРЮВАЛЬНИХ ЛАМП

Гур'єв М. В., Говорова К. В.
Харків, Україна

Keywords: *filter radiometer, absolute value, relative value, spectral density.*

Ключові слова: *фільтровий радіометр, абсолютна величина, відносна величина, спектральна густина.*

Анотація

Для встановлення залежності між відносними та абсолютними величинами було проведено дослідження обладнання ДЕТУ 11-06-06, яке бере участь у звіреннях за спектральною густиною освітлення в діапазоні довжин хвиль від 250 до 2500 нм. Досліджувалися лампи OSRAM, що є еталоном спектральної густини освітленості, та фільтровий радіометр, за допомогою якого здійснюється перехід від абсолютних величин до відносних. Дослідження відносної спектральної густини ламп OSRAM проводилося на еталоні ДЕТУ 11-06-06, де відшукувалась певна ділянка спектра, що найбільше відповідає для переходу від абсолютних величин до відносних. Дослідження фільтрового радіометра проводилося на двох еталонах, а саме: дослідження коефіцієнта пропускання фільтра проводилося на еталоні ДЕТУ 11-09-08 в умовах, наближених до умов відповідно технічного протоколу звірень; дослідження приймача випромінювання – трап-детектора, проводилося на еталоні ДЕТУ 11-06-06. У результаті проведених досліджень отримали валідний метод переходу від абсолютних величин до відносних із використанням лише ділянки від усього досліджуваного діапазону спектра, що значно спрощує вимірювання абсолютної величини спектральної густини освітлення.

CALIBRATION OF A FLUORESCENT ENERGY METER OF PULSED LASER RADIATION

КАЛІБРУВАННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО ВИМІРЮВАЧА ЕНЕРГІЇ ІМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Балабан В. М., Мунтян К. І., Тимофеев Є. П.
Харків, Україна

Keywords: laser radiation, energy meter, calibration.

Ключові слова: лазерне випромінювання, вимірювач енергії, калібрування.

Анотація

Люмінесцентні вимірювачі енергії імпульсного лазерного випромінювання відносяться до вимірювачів прохідного типу і відрізняються рядом унікальних характеристик – високою стійкістю до дії потужного оптичного випромінювання, швидкодією, широким динамічним діапазоном вимірюваних енергій, великою лінійною апертурою. Ці якості зумовили широке застосування люмінесцентних вимірювачів енергії для атестації різних лазерних систем наземного і бортового базування.

Викладено процедуру калібрування модернізованого люмінесцентного вимірювача енергії лазерного випромінювання, тобто процес експериментального визначення конструкторської константи вимірювача і величини її невизначеності.

Калібрування проводилося згідно з методикою калібрування МКУ 11-379:2016 на державному первинному еталоні одиниць середньої потужності та енергії лазерного випромінювання ДЕТУ 11-04-12 із застосуванням додаткового імпульсного лазерного випромінювача та приймача типу ПВДЦ-2.

У результаті статистичної обробки експериментальних результатів для модернізованого люмінесцентного вимірювача енергії визначено константу вимірювача, величина невизначеності якої при коефіцієнті охоплення 2 становить не більше 5%.

ДОСЛІДЖЕННЯ САМОКАЛІБРУВАЛЬНИХ ТРАП-ДЕТЕКТОРІВ

Литвиненко А. С., Неєжмаков П. І., Тимофеев С. П., Дюмін Е. С.
Харків, Україна

Keywords: *trap detector, calibration, photodiodes, research.*

Ключові слова: *трап-детектор, калібрування, фотодіоди, дослідження.*

Анотація

У сучасній високоточній метрології знайшли широке застосування трап-детектори на основі самокалібрувальних фотодіодів, які, для прикладу, входять до складу не менш ніж чотирьох державних первинних еталонів України. Тому досить актуальним є питання розробки і дослідження нових типів трап-детекторів, що мають переваги в порівнянні з раніше розробленими. Самокалібрувальні фотодіоди – це фотодіоди, які можна використовувати без калібрування на базі абсолютного кріогенного радіометра, хоча вони мають гірші точнісні характеристики, проте й багато переваг.

Проводилися дослідження можливостей самокалібрувальних фотодіодів і було вирішено такі завдання:

- проведено дослідження вибору типу фотодіодів, на основі яких буде надалі проведено розробку самокалібрувального трап-детектора;
- проведено аналіз залежності квантової ефективності трап-детектора від кількості внутрішніх перевідбиттів;
- на основі проведеного аналізу запропоновано шляхи поліпшення метрологічних характеристик трап-детектора.

RESEARCH OF THE UNCERTAINTY SOURCES OF THE LUMINANCE UNIT REPRODUCTION

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ ЯСКРАВОСТІ

Купко О. Д., Шлома А. І., Терещенко В. В.
Харків, Україна

Keywords: *luminance, uncertainty, luminance meter, measurement standard, calibration.*

Ключові слова: *яскравість, невизначеність, яскравоміри, еталон, калібрування.*

Анотація

Розглянуто ситуацію, що склалася в Україні з вимірюваннями яскравості, зокрема, відсутність із 1991 року державного первинного еталона одиниць яскравості, через що відтворення одиниць яскравості відбувається на рівні фотометрів – робочих еталонів і робочих засобів вимірювання освітленості. На прикладі типової, детально описаної установки проаналізовано невизначеності одиниць яскравості, що виникають при відтворенні. Описано методику відтворення одиниць яскравості. Проаналізовано основні невизначеності, що пов'язані з чутливістю фотометра. Додатково теоретично оцінені невизначеності, що виникають внаслідок відмінності геометрії розповсюдження променів під час калібрування фотометра і під час відтворення одиниць яскравості, а так само внаслідок відмінності в температурному режимі лампи. За допомогою експериментальних досліджень оцінено невизначеності, що виникають внаслідок неідеальності діаграми спрямованості випромінювання від поверхні. На основі запропонованої методики вимірювання оцінено невизначеності площі діафрагми, що виникають. На основі проведених оцінок надано і проаналізовано бюджет невизначеностей. Проаналізовано наслідки, до яких призведе використання при відтворюванні й калібруванні використання екрана монітора як джерела. Показано можливість забезпечити вимірювання яскравості на рівні, поданому в СМС рядках провідних метрологічних країн. Відзначено доцільність створення окремої галузі вимірювань яскравості, яку очолює державний первинний еталон.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Бондаренко Л. І., Дюмін Е. С.
Харків, Україна

Keywords: *solar simulator, photovoltaic cell, uncertainty, measurement, calibration.*
Ключові слова: *імітатор сонячного випромінювання, фотоелектрична клітинка, невизначеність, вимірювання, калібрування.*

Анотація

Фотоелектричні модулі (ФЕМ) є важливим елементом сонячних енергетичних установок, при проєктуванні яких необхідно мати точну і достовірну інформацію про значення їхніх вихідних параметрів. Джерелом цієї інформації є результати вихідного контролю якості фотоелектричної продукції.

Розроблена в ННЦ «Інститут метрології» установка для вимірювання характеристик еталонних сонячних елементів (СЕ) має простежуваність до національних первинних еталонів України в галузі радіометрії та електричних вимірювань, що дозволяє забезпечити підвищення рівня точності вимірювань СЕ та модулів на їх основі.

Ефективність перетворення енергії сонячного випромінювання ФЕМ характеризується значеннями вихідних фотоелектричних параметрів, дослідження джерел невизначеності яких є основою для забезпечення підвищення точності вимірювань. Аналіз вкладів оптичних, електричних, температурних складових показує, що зменшення сумарної невизначеності фотоелектричних параметрів ФЕМ можливо за рахунок зниження вкладів оптичних складових.

Методи і засоби досліджень, що проводяться на установці, дають можливість здійснювати не тільки високоточні вимірювання характеристик СЕ, але й забезпечувати коректне моделювання різних режимів їх роботи, що дозволяє прогнозувати характеристики СЕ і ФЕМ у реальних умовах експлуатації на основі результатів лабораторних вимірювань. Надалі оптимізація наявних методів і засобів вимірювань дозволить скоротити час і вартість випробувань СЕ і ФЕМ та сприятиме їх більш широкому застосуванню.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURE OF LONG-LIVED ACTIVE ELEMENTS OF HE-NE LASERS FOR METROLOGICAL PURPOSES

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫХ ЛАЗЕРОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Когановский А. П., Невров В. Ю.
Харьков, Украина

Keywords: active element, technology, long-lived.

Ключевые слова: активный элемент, технология, долгоживущий.

Аннотация

Приведена технология изготовления активных элементов (АЭ) гелий-неоновых лазеров метрологического назначения. Применяемая технология позволяет изготовить АЭ сроком службы 10–15 лет. В ННЦ «Институт метрологии» разработана и внедрена аппаратура, позволяющая изготавливать АЭ с данными требованиями.

IMPROVEMENT OF METHODS AND MEASURING INSTRUMENTS FOR LIGHT CHARACTERISTICS OF LEDS

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДІВ

Ляшенко О. М., Литвиненко А. С., Неєжмаков П. І., Тимофеев Є. П., Купко О. Д.
Харків, Україна

Keywords: *photometer, luminous flux, luminous intensity distribution, photometric sphere.*

Ключові слова: *фотометр, світловий потік, розподіл інтенсивності випромінювання, світлодіоди.*

Анотація

Широке використання світлотехнічної продукції спрямованого світла, перш за все світлодіодної, потребує відповідного забезпечення засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) для контролю світлотехнічних параметрів в умовах виробництва та експлуатації. Для проведення вимірювань в умовах виробництва та експлуатації потрібні методи та засоби з досить високою продуктивністю та достатньою точністю. Вказаним вище вимогам відповідає фотометр на основі волоконнооптичного фокону (патент України 130004 МПК G01J 1/04), який дозволяє вимірювати фотометричні характеристики джерел із вузьким кутовим розподілом. Як фотоприймач у такому фотометрі застосовується матричний приймач цифрової фотокамери.

Наведено результати досліджень відхилення спектральної чутливості приймачів сучасних цифрових фотокамер від стандартної кривої відносної спектральної світлової ефективності монохроматичного випромінювання для фотопічного зору $V(\lambda)$ відповідно до ДСТУ ISO/CIE 19476:2018. Зменшення цього відхилення можливе за рахунок застосування коригуючого фільтру з наперед заданими параметрами і ретельного вибору матричного фотоприймача. Останнє пропонується робити за результатами досліджень на експериментальній установці, що враховує залежність чутливості матричних приймачів від спектральних параметрів сигналу.

ОЦІНКА ОСВІТЛЕНОСТІ ДИТЯЧИХ МАЙДАНЧИКІВ

Діденко О. М., Назаренко Л. А., Любченко М. А.
Харків, Україна

Keywords: *lighting, playground, measurements.*

Ключові слова: *освітлення, дитячий майданчик, вимірювання.*

Анотація

Сучасне місто важко уявити без житлових мікрорайонів зі своєю інфраструктурою, до якої відносяться магазини, школи, дитячі садочки, пошти, бібліотеки та житлові будинки з дитячими майданчиками.

На більшості дитячих майданчиків узагалі відсутнє освітлення, а на тих майданчиках, де воно є, – дуже слабке.

Для більш глибокого аналізу та надання подальших рекомендацій необхідно визначити рівень освітленості на дитячому майданчику. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 величина середньої горизонтальної освітленості для дитячих майданчиків у місцях розташування обладнання для рухливих ігор нормується 10 лк. Після ознайомлення з ДСТУ Б В.2.2-6-97 виявилось, що методики вимірювання рівня освітленості на дитячому майданчику відсутні. Існуючі стандарти враховують фотопічну функцію розповсюдження, а останні дослідження вказують на необхідність урахування не менш важливої складової – мезопічної функції розподілу. Рекомендації ASSIST Outdoor lighting Parking. Lot Lighting пропонують враховувати надлишкове освітлення. Не варто забувати, що майданчики орієнтовані на дітей дошкільного та молодшого шкільного віку. Виходячи з цього, необхідно врахувати, що органи зору дитини повністю формуються до 8 років. Спектральний вплив (блакитний спектр випромінювання) призводить до більшого збудження, що у вечірній час не дуже добре. Варто враховувати кольоропередавання предметів дитячого майданчика та сприйняття їх у присмерковий час доби.

Отже, провівши оцінку освітлення дитячих майданчиків, можна сказати так:

1. Вони недоосвітлені або на них узагалі відсутні світильники.
2. Відсутні рекомендації щодо проведення вимірювання рівня освітленості.
3. Існуючі нормативні документи не враховують мезопічну функцію розподілу та кольоропередавання дитячого обладнання.

Створення сучасного ігрового комплексу з достатнім рівнем освітленості дає змогу забезпечити безпеку пересування дітей на майданчику та подовжити час перебування на ньому в темний час доби.

INFLUENCE ILLUMINATION LEVEL IN DETERMINATION COLOR RENDERING OF LIGHT SOURCE

ВПЛИВ РІВНЯ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ КОЛЬОРО-ПЕРЕДАВАННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Білик О. В.
Харків, Україна

Keywords: *color rendering, saturation, Hunt effect, light level.*

Ключові слова: *кольоропередавання, насиченість, ефект Ханта, рівень освітленості.*

Анотація

Індекс кольоропередавання (Ra) часто не дуже добре корелює з візуальною оцінкою кольоропередавання джерел світла в реальних освітлених приміщеннях, особливо зі світлодіодними. Індекс Ra описує лише точність кольоропередавання в порівнянні з еталонним джерелом, тому кольоропередавання джерел світла може бути краще описано з використанням міри відносної області колірної охвату для кількісної оцінки середньої зміни насиченості та колірної векторної графіки (або значень локального колірної зміщення), а також для кількісної оцінки зміни насиченості для різних відтінків як доповнення до індексу точності Rf.

Спостерігачі надають перевагу джерелам світла, які збільшують насиченість кольору об'єктів у певному діапазоні, особливо для червоних відтінків (індекс R9), але якщо насиченість кольору є надмірною, то об'єкти здаються неприродними, і перевага буде зменшуватися. Як правило, джерела білого світла або освітлювальні прилади вважаються з гарним кольоропередаванням, якщо $Ra \geq 80$ або $Rf \geq 75$, $Rg \geq 98$ і $-7\% \leq Rcs$, $h1 \leq 15\%$, при цьому не враховується рівень освітленості в приміщенні.

Візуальні експерименти за участю спостерігачів підтверджують, що насиченість кольору, яка сприймається, змінюється з освітленістю, що підтверджує ефект Ханта (явище, при якому кольори об'єктів на низьких рівнях освітленості сприймаються менш насиченими в порівнянні з більш високими рівнями освітленості).

Важлива роль освітленості в оцінці кольоропередавання джерел світла свідчить про те, що рівень освітленості слід враховувати при визначенні кольоропередавання джерел світла. Для об'єктів освітлення, які потребують низького рівня освітленості й гарного кольоропередавання, можна використовувати джерела з надмірно широким колірним охопленням для поліпшення колірних уподобань користувачів.

**СЕКЦІЯ 7.
ТЕРМОМЕТРІЯ**

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КОРОТКИХ ТЕПЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ

Туз Ю. М., Козир О. В.

Київ, Україна

Keywords: *temperature measurement, short thermal impulse, thermocouples, dynamic characteristics, Nyquist plot.*

Ключові слова: *вимірювання температури, короткі теплові імпульси, термопари, динамічні характеристики, АФЧХ.*

Анотація

Короткі теплові імпульси супроводжуються високою температурою (вище 1000 °С) та характерні для вибухів, розжарених потоків продуктів горіння. До термоперетворювачів висувають жорсткі конструктивні вимоги, тому термопари більш придатні, ніж, наприклад, оптичні пірометри.

Основним недоліком термопар є їхня тепла інерційність, яку може бути враховано, знаючи динамічні характеристики, які можуть бути експериментально визначені при відомій залежності тестового сигналу температури від часу, у вигляді якого нами пропонується синусна форма, більш придатна, ніж інші форми.

Нами запропоновано створювати температуру шляхом розігріву спаю термопари електричним струмом синусної форми. При цьому на затискачах термопари виділяється напруга другої гармоніки, зумовлена розігрівом термопари згідно з ефектом Джоуля. Також має місце перша гармонічна складова, яка зумовлена падінням напруги на омичному опорі проводів термопари та дією ефектів Томсона і Пельтьє, які пропорційні першому ступеню струму, що протікає через термопару. Шляхом компенсації та цифрової фільтрації першої гармоніки виділяється тільки друга, амплітуда та фаза якої порівнюються із амплітудою та фазою другої гармоніки вхідного сигналу, яку отримують шляхом піднесення до квадрату вхідної гармоніки струму, що розігріває термопару. Відношення амплітуд вихідної та вхідної напруг по другій гармоніці дає АЧХ. Різниця їхніх фаз по другій гармоніці дає ФЧХ. ФЧХ є дуже важливою, тому що дозволяє визначити кількість аперіодичних ланок у термопарі. Відомо, що кожна стала часу може створювати фазовий зсув не більше 90 град. Ця інформація дозволяє передбачити очікувану модель динамічної характеристики та визначити її коефіцієнти. При вимірюванні миттєвих значень вихідного сигналу термопари і відомій динамічній характеристиці знаходиться часова залежність вхідного температурного імпульсу.

Виготовлено експериментальні зразки термопар із вольфрам-ренієвих дротів товщиною 0,05 мм. Проведено дослідження в натурних умовах.

SIMULATION OF SYSTEM FOR REPRODUCTION OF HIGH INTENSITY HEAT FLUX

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВІДТВОРЕННЯ ВИСОКО-ІНТЕНСИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

Kovtun S., Dekusha O., Dekusha L., Vorobiov L.
Kyiv, Ukraine

Keywords: heat flux, reproduction unit, computer simulation.

Ключові слова: поверхнева густина теплового потоку, відтворення одиниці вимірювання, комп'ютерне моделювання.

Abstract

Control of integrated heat losses energy facilities during operation and fire tests are accompanied by an intensive heat transfer process in which the values of the surface heat flux reach about 200 kW/m². Measurement of the heat flux is carried out using contact (heat flux sensors) and contactless (radiometers of measuring instruments) sensors, which must be calibrated in the appropriate range.

The aim of the article is to analyze the ways of forming the thermal radiation heat flux in the range of values (1–200) kW/m² and to determine the factors influencing the accuracy of reproduction of the unit of measurement. The main factors are the uniformity of the thermal field formed in the plane of the receiving surface of the measuring instrument, and the contribution of the convective component to the resulting heat flux.

The analysis of the heat field homogeneity on the heat sink surface was performed by computer simulation in the ANSYS package. In simulation studied the heat radiation intensity in a closed cavity at the variation of the distance between the heat radiation source and the heat sink surface at fixed cavity widths. According to the simulation results, the unforced convection in the area of the heat source location and the insignificant part of the convective component of heat exchange on the heat sink surface were established. For verification of the computer simulations results, experimental studies of the heat field distribution on the surface of the heat sink were performed using a multi-section heat flux sensor. The sensitive area of the sensor consists of 11 sections, which allowed determining the distribution of the heat flux values on the heat-receiving surface during exposure to thermal radiation. The relative deviation of the simulation did not exceed 3%, which indicates the consistency of the results.

A construction feature of the simulated measuring cell of the system is that in the central zone of the working surface of the heat sink there is a location for the studied heat flux sensors, and at a certain distance from the central zone there are place for radiometers. This opens the possibility for the study of metrological characteristics of measuring instruments by both the absolute method and the method of sequential comparison.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ В НЕОДНОРІДНИХ МАТЕРІАЛАХ

Іванов С. О., Воробйов Л. Й., Декуша Л. В., Декуша О. Л.
Київ, Україна

Keywords: *bound moisture, heterogeneous materials, calorimetry, measurement.*

Ключові слова: *зв'язана волога, неоднорідні матеріали, калориметрія, вимірювання.*

Анотація

Для підготовки вологого матеріалу до зберігання, а також вибору параметрів зберігання сировини необхідно брати до уваги співвідношення вільної та зв'язаної з матеріалом вологи. Властивості зв'язаної вологи, залежно від форми зв'язку з матеріалом, можуть суттєво відрізнитись від довідкових даних, тому при дослідженні складних за структурою матеріалів (харчові та функціональні продукти, рослинні компоненти біопалива, фармацевтична сировина тощо) доцільно спиратись на експериментальні дані.

Подано концепцію спеціалізованого низькотемпературного калориметричного пристрою, що досліджує енергію фазового переходу вологи у зразках неоднорідного матеріалу. Фазовий перехід вологи в матеріалі забезпечується шляхом глибокого заморожування зразка з подальшим підвищенням його температури із заданою швидкістю. Кількість вологи, яка здійснила фазовий перехід у зразку, пропорційна кількості зареєстрованої теплоти, а форма зв'язку вологи з матеріалом оцінюється за температурою фазового переходу.

Основним елементом теплового блоку пристрою є калориметричне ядро у вигляді циліндра з високотеплопровідного матеріалу, на боковій поверхні якого розміщено нагрівник. У торцевій поверхні ядра виконано три циліндричні комірки, що оснащені сенсорами теплового потоку. Одна з комірок служить для розміщення досліджуваного зразка, друга – для розміщення реперного матеріалу, а третя залишається порожньою, що дозволяє знизити вплив зовнішніх факторів на результати вимірювання. Калориметричне ядро зі зразками закривається та занурюється у ємність із рідким азотом для охолодження, після чого ініціюється нагрівання ядра за заданим режимом. Пристрій обладнаний системою регулювання температури ядра та блоком опрацювання даних.

THE IMPROVEMENT OF METROLOGICAL SUPPORT OF TEMPERATURE MEASUREMENTS OF THERMOELECTRIC THERMAL CONVERTERS IN OPERATING CONDITIONS

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ В РОБОЧИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Микийчук М. М., Сулима О. С.
Львів, Україна

Keywords: *measuring channel, metrological support, measuring system, thermometric material, thermoelectric thermocouple, nominal static conversion characteristic.*

Ключові слова: *вимірювальний канал, метрологічне забезпечення, вимірювальна система, термометричний матеріал, термоелектричний термоперетворювач, номінальна статична характеристика перетворення.*

Анотація

Розвиток вимірювальної техніки, зокрема вимірювальних систем (ВС), і автоматизація технологічних процесів приводять до необхідності вимірювання температури в робочих умовах, тобто без демонтажу первинних перетворювачів і зупинки технологічного процесу в дуже широкому діапазоні й із високою точністю. Основним компонентом цих систем є вимірювальні канали (ВК), які являють собою частину системи, що реалізують функцію від отримання вимірюваної величини до забезпечення результату вимірювань. Обмеженість знань щодо процесів дестабілізації властивостей термометричних матеріалів (ТМ), а відтак збільшення інструментальних похибок термоелектричних термоперетворювачів (ТТ) гальмують подальший розвиток термометрії.

Процеси у термометричній субстанції визначають функцією перетворення (ФП) термоперетворювачів. В умовах температурних вимірювань, а також дії значного числа чинників впливу на ТМ, останній постійно змінюється. Відповідно, ФП дрейфує.

Метод, що пропонується, реалізовано шляхом підключення в розріз з'єднань ВК еталонного калібратора напруги при відповідній маніпуляції схемних підключень еталонних напруг і їх взаємодії у вимірювальному каналі для визначення та контролю температури за допомогою вимірювальних каналів (ВК) вимірювально-інформаційних систем (ВІС) із термоелектричними термоперетворювачами.

Калібрування ВК температури здійснюється для досягнення необхідної точності вимірювань.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THERMO-HYGROMETERS USED FOR MICROCLIMATE CONTROL IN THE CONDITIONS OF COVID-19 SPREAD

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОГІГРОМЕТРІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В УМОВАХ ПОШИРЕННЯ COVID-19

Філь С. В., Юр'єв А. О.
Харків, Україна

Keywords: *microclimate, COVID-19, thermo-hygrometers, stability of readings, measurement uncertainty.*

Ключові слова: *мікроклімат, COVID-19, термогігрометри, стабільність показів, невизначеність вимірювань.*

Анотація

Проведено короткий огляд публікацій досліджень впливу параметрів мікроклімату на поширення COVID-19. У результаті досліджень, проведених вченими Єльської школи медицини й Університету Цюриха, було встановлено, що на шанси подолати пандемію впливають не тільки вчасно введені карантинні заходи і соціальне дистанціювання, а й мікроклімат у будівлях, квартирах та інших приміщеннях – а точніше, відносна вологість. Було встановлено, що в приміщеннях із відносною вологістю 40–60% поширення COVID-19 значно нижче. У зв'язку з цим виникла потреба більш точно і якісно вимірювати відносну вологість.

Наведено порівняльний огляд метрологічних характеристик, таких як відхилення показів від еталонного значення, стабільність показів у часі, невизначеність вимірювань, термогігрометрів зарубіжних і вітчизняних виробників.

За отриманими експериментальними даними визначено найбільш «метрологічно» якісні типи і марки термогігрометрів, що забезпечують мінімальну невизначеність вимірювань відносної вологості й температури.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕТАЛОН ОДИНИЦІ ЕНЕРГІЇ ЗГОРЯННЯ

Сліпушенко В. П., Поляков В. В., Музичишин Б. І.
Харків, Україна

Keywords: *combustion energy, standard, liquid calorimeter.*

Ключові слова: *енергія згоряння, еталон, рідинний калориметр.*

Анотація

Калорійність палива характеризує його енергетичну цінність, є головним показником його якості. В умовах гострого дефіциту енергоресурсів та невпинного зростання їх вартості питання забезпечення високоточного вимірювання їх калорійності є особливо актуальним. Вимірювання енергії згоряння рідкого та твердого палива здійснюється винятково методом «бомбової» калориметрії. Ці методи вимірювання енергії згоряння палива широко застосовуються в енергетиці, в тому числі на ТЕЦ, ТЕС, у теплових мережах, а також у металургійній, хімічній, вугледобувній, нафтопереробній, коксохімічній та харчовій промисловості. Саме в ці галузі в основному і передається розмір одиниці енергії згоряння із застосуванням еталонних мір енергії згоряння. Калібрування еталонних мір виконується на державному первинному еталоні одиниці енергії згоряння. В період 2016–2019 рр. було проведено вдосконалення цього еталона та надано йому статус національного НДЕТУ Т1-2020.

Основою вдосконаленого еталона є рідинний ізопериболічний калориметр, який забезпечує відтворення та передавання одиниці енергії згоряння Дж за стандартних «бомбових» умов спалювання. В калориметрі є нагрівач, у який у режимі визначення енергетичного еквівалента калориметра подають імпульс електричної енергії, значення якої вимірюється. Еталон має простежуваність до первинних еталонів України, а саме: одиниці напруги, опору та часу. Всі складові еталона виконані на сучасній елементній базі. Складовими еталона є також рідинний термостат, калориметричний термометр, формувач імпульсів електричної енергії, вимірювальна апаратура, блок керування, ваги аналітичні та допоміжне обладнання. Діапазон відтворення одиниці енергії згоряння 15–35 кДж, розширена невизначеність калібрування мір енергії згоряння на основі бензойної кислоти не перевищує 0,025%.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сліпушенко В. П.¹, Пущин Р. В.¹, Сумцов А. О.²

¹ Харків, ² Миколаїв, Україна

Keywords: *temperature, humidity, atmospheric pressure, measurement accuracy, smart-sensor.*

Ключові слова: *температура, вологість, атмосферний тиск, точність вимірювань, смарт-сенсор.*

Анотація

Необхідність контролю параметрів навколишнього середовища (температури, атмосферного тиску, вологості) регламентована рядом нормативних документів. Застосування комп'ютеризованих систем для вимірювання цих параметрів є ефективним та надійним способом вирішення цих питань: у метрології для контролю умов зберігання та функціонування еталонів, при калібруванні приладів, при виконанні перевірки законодавчо регульованих ЗВТ, при проведенні випробувань з оцінки відповідності, в торгівлі для контролю умов зберігання тощо.

Для вирішення цих питань розроблено комп'ютеризовану систему, яка забезпечує автоматизоване вимірювання, збір даних, їх зберігання, архівування, а також автоматизоване формування звітів, протоколів тощо. Вона складається з центрального сервера та бездротових смарт-сенсорів з автономним живленням, кількість яких у системі може сягати 50 і більше. Обмін даними між смарт-сенсорами та сервером відбувається через Ethernet (Wi-Fi) мережу. За потреби смарт-сенсор можна оснастити додатковими давачами, наприклад концентрації CO₂ або інших параметрів. Періодичність вимірювань встановлюється програмно із сервера. Результати вимірювань передаються з прив'язкою до часу (дата, година, хвилина) від смарт-сенсорів до центрального сервера в реальному масштабі часу. Смарт-сенсори оснащені також модулем пам'яті, це дозволяє їм накопичувати та зберігати результати вимірювань із прив'язкою до дати та часу протягом місяця, а потім зливати дані до сервера через Wi-Fi мережу. Таким чином, можна розташувати смарт-сенсори будь-де, періодично підносячи смарт-сенсори в зону дії Wi-Fi роутера для передачі даних, навіть у приміщенні без електрики на значній відстані від сервера, в тому числі на технологічних лініях, при транспортуванні продуктів харчування, медикаментів тощо.

ВИПРОМІНЮВАЧ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ІЧ СИСТЕМ ТА СЕНСОРІВ

Сліпушенко В. П.¹, Сумцов А. О.²

¹Харків, ²Миколаїв, Україна

Keywords: radiator, IR sensors, IR systems.

Ключові слова: випромінювач, ІЧ сенсор, ІЧ система.

Анотація

Системи та сенсори для вимірювання параметрів інфрачервоного (ІЧ) випромінювання широко застосовуються в галузі наукових досліджень, у приладобудуванні, для контролю технологічних процесів, у системах спостереження. При цьому актуальним є питання створення випробувальних стендів для визначення параметрів ІЧ сенсорів. Важливою складовою таких стендів є ІЧ випромінювач.

Метою роботи є розробка випромінювача для відтворення енергетичного опромінювання в діапазоні 50–800 Вт/м². Основними елементами цього випромінювача є нагрівний блок, система вимірювання та стабілізації температури нагрівного блоку. Нагрівний блок виконано в формі циліндра, в який вмонтовано патронний нагрівний елемент та платиновий термоперетворювач типу Pt 100. Опір нагрівного елемента 175 Ом. Передня поверхня нагрівного блоку являє собою робочу поверхню випромінювача. Ця поверхня має форму диска діаметром 60 мм, на яку нанесено термостійке покриття з емісійною спроможністю 0,95. Система вимірювання та стабілізації температури нагрівного блоку включає мікрокомп'ютер, твердотільне реле, термоперетворювач та нагрівний елемент. Мікрокомп'ютер забезпечує можливість установки та візуалізації необхідних значень температури робочої поверхні випромінювача, програмне керування температурою робочої поверхні, а також можливість візуалізації стану процесу регулювання температури. Випромінювач має такі технічні та метрологічні характеристики: діапазон відтворювання випромінювачем енергетичного опромінювання від 50 до 800 Вт/м², діапазон робочих температур від 50 до 500 °С, спектральний діапазон енергетичного опромінювання 0,9–14 мкм, відстань між робочою поверхнею випромінювача та робочою зоною опромінювання 100–200 мм, розширена невизначеність відтворення енергетичного опромінювання не перевищує 4,0%.

ЕТАЛОННИЙ ВИПРОМІНЮВАЧ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ІЧ ТЕРМОМЕТРІЇ

Сліпушенко В. П.
Харків, Україна

Keywords: *medical infrared thermometry, radiator, «black body» model.*

Ключові слова: *медична інфрачервона термометрія, випромінювач, модель АЧТ.*

Анотація

Засоби діагностики температури тіла людини є ефективним джерелом інформації на етапі виявлення захворювання та на етапі лікування. Останнім часом у медичній практиці все частіше застосовуються безконтактні медичні інфрачервоні (МІЧ) термометри, а саме: вушні, лобні та тепловізійні МІЧ системи. Ці прилади дозволяють виконувати вимірювання температури різних частин тіла безконтактно та з високою швидкістю. Але для забезпечення ефективного функціонування МІЧ термометрії необхідні не тільки якісні МІЧ термометри, а також і еталонні засоби. Вимоги до МІЧ вушних термометрів сформульовано в нормативних документах, а саме: похибка вимірювання не повинна перевищувати $\pm 0,2$ °С. Таким чином, розширена невизначеність еталонних випромінювачів для МІЧ термометрії не повинна перевищувати 0,04–0,06 °С. З урахуванням цих вимог і було розроблено еталонний випромінювач для МІЧ термометрії. Основними складовими еталона є: модель абсолютно чорного тіла (АЧТ), рідинний високостабільний термостат та платиновий еталонний термометр. Однорідність розподілу температури по зовнішній поверхні моделі АЧТ випромінювача не перевищує $\pm 0,005$ °С, стабільність температури теплоносія в робочій зоні термостата – не гірше $\pm 0,005$ °С, стандартна невизначеність типу В вимірювання температури моделі АЧТ – не більше 0,0015 °С. Модель АЧТ виконано з нержавіючої сталі у вигляді циліндра з конічним дном із кутом при вершині 120°. Внутрішній діаметр моделі АЧТ становить 82 мм. Емісійна спроможність моделі АЧТ за вихідної апертури 10 мм – не менше 0,9995. Робочий діапазон випромінювача (за умови заміни теплоносія в термостаті) становить від –50 до 110 °С. Розширена невизначеність відтворення еталонною температурою за ІЧ випромінюванням у діапазоні температур 30...45 °С та вихідній апертурі 10 мм не перевищує 0,05 °С.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВВКМ ДЛЯ ВИСОКО-ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

Гурін І. В., Колосенко В. В., Гуйда В. В., Буколов О. М., Сліпушенко В. П.
Харків, Україна

Keywords: C/C composite, graphite, high temperature units.

Ключові слова: ВВКМ, графіт, високотемпературні системи.

Анотація

Сучасний розвиток науки та техніки потребує нових підходів при створенні високотемпературних елементів аналітичного та виробничого обладнання. Традиційні підходи, що ґрунтуються на використанні металевих елементів (молібдену, вольфраму), не завжди задовольняють конструкторські вимоги, їм притаманні висока електрична провідність, висока теплопровідність, високий коефіцієнт термічного розширення тощо. Графітові матеріали також мають ряд недоліків: крихкість, високу тепло- та електропровідність, пористість тощо.

Наступним кроком у цьому напрямку є використання вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів (ВВКМ). Ці матеріали складаються із вуглецевої або графітової матриці, армованої вуглецевими волокнами, мають високу механічну міцність, стійкість до термічних та механічних ударних навантажень, відносно низький модуль пружності та коефіцієнт термічного розширення. Це робить їх перспективними матеріалами для розробки високотемпературного устаткування.

ВВКМ мають значно вищий електричний опір, ніж жаростійкі метали та графіти. При кімнатній температурі він становить 35–40 мкОм та падає із ростом температури до 14–16 мкОм при 2000 °С. У діапазоні температур 400–2000 °С падіння опору має характер, близький до лінійного, що дозволяє суттєво підвищити ефективність резистивних нагрівачів за рахунок зменшення витрат на нагрів перехідних контактів та струмопідводів, безпосередньо використовувати резистивні нагрівачі для визначення та регулювання температури. Низький ТКЛР ($(3-4) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) дозволяє створювати геометрично термостабільні системи. Розроблені термоградієнтні газофазні методи дозволяють не тільки створити нагрівачі з високою рівномірністю температурного поля, але й роблять їх ремонтпридатними, що дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати.

КАЛОРИМЕТРИЧНИЙ МІСТ ІЗ НЕЛІНІЙНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ

Ламеко О. Л.¹, Сліпушенко В. П.²

¹Київ, ²Харків, Україна

Keywords: *nonlinear filter, optimal filtration, temperature, bridge.*

Ключові слова: *нелінійний фільтр, оптимальна фільтрація, температура, міст.*

Анотація

Методи ізопериболічної калориметрії широко застосовуються при вимірюванні калорійності твердого, рідкого та газоподібного палива. Для забезпечення необхідної точності вимірювань енергії згоряння підвищення температури, яке не перевищує 3 °С, необхідно вимірювати з невизначеністю на рівні 0,00002 °С. Застосування класичної фільтрації призводить або до незадовільного придушення шумів, або до зростання динамічної похибки вимірювання.

Для досягнення близької до оптимальної фільтрації розглянуто можливість застосування паралельно включених цифрового нелінійного та лінійного фільтрів. Нелінійний фільтр здійснює кілька функцій: розпізнавання та виключення викидів, розпізнавання та пропуск на вихід швидких змін сигналу і деяку лінійну фільтрацію сигналу з невеликою сталою часу. Як такий може, з деякою доробкою, використовуватися медіанний фільтр. У зв'язку з тим, що нелінійність медіанної фільтрації (заміна великих відхилень середніми за рангом у вікні аналізу) призводить до підвищення низькочастотних складових спектра шуму, сигнал пропускається додатково через адаптивний нелінійний фільтр. Цей фільтр являє рекурсивний фільтр першого порядку зі змінними ваговими коефіцієнтами, зміна яких виконується з урахуванням відношення «сигнал / шум».

При малих змінах сигналу нелінійна гілка фільтра відключається, і цифрова фільтрація здійснюється лінійним рекурсивним фільтром, виконаним у вигляді ковзного вікна. Описану фільтрацію сигналу було застосовано в прецизійному мості калориметра. Експериментальні дослідження калориметра показали, що використання нелінійної цифрової фільтрації дозволяє значно підвищити точність вимірювання параметрів температурного ходу калориметра та одночасно забезпечити високу динаміку вимірювача в умовах швидкої зміни температури.

RESULTS OF METROLOGICAL RESEARCH OF DEVICE FOR THERMOSTABILIZATION OF STANDARD RESISTORS

РЕЗУЛЬТАТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ЭТАЛОННЫХ МЕР СОПРОТИВЛЕНИЯ

Иванова Е. П., Филь С. В., Юрьев А. О.
Харьков, Украина

Keywords: *temperature gradients, stability of temperature reproduction, budget of measurement uncertainty.*

Ключевые слова: *градиенты температуры, стабильность воспроизведения температуры, бюджет неопределенности измерений.*

Аннотация

Проведены экспериментальные исследования метрологических характеристик (МХ) термостата Fluke 7108 в составе установки термостабилизации эталонных мер сопротивления. Определены следующие МХ: вертикальный и горизонтальный градиенты в пяти измерительных зонах термостата Fluke 7108; кратковременная и долговременная стабильности поддержания заданной температуры при реализации трех независимых циклов воспроизведения; бюджетнеопределенности измерений. На основании проведенных исследований показана возможность применения термостата Fluke 7108 в составе установки термостабилизации эталонных мер сопротивления (10 Ω и 100 Ω Standard Resistors фирмы H. Tinsley) с расширенной неопределенностью $U = \pm 0,005$ °C поддержания заданного значения (23 °C) температуры масла в ванне термостата Fluke 7108. Полученные результаты позволят применить установку для проведения работ по калибровке прецизионных термометрических мостов F900, microK 250, необходимых для измерения сопротивления эталонных платиновых термометров сопротивления при исследованиях метрологических характеристик эталона ДЕТУ 06-05-98, а также для оказания метрологических услуг по калибровке эталонных и прецизионных платиновых термометров сопротивления.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ ТЕРМОСТАТ

Пилип'юк В. Є.¹, Сліпушенко В. П.², Музичишин Б. І.²

¹Львів, ²Харків, Україна

Keywords: *thermostat, thermometry, measurement methods.*

Ключові слова: *термостат, термометрія, методики вимірювань.*

Анотація

Розвиток наукових досліджень пов'язаний із необхідністю забезпечення стабілізації температури або її керованою (програмованою) зміною. Так, при виконанні метрологічних робіт виникає необхідність забезпечення високої стабільності температури досліджуваних об'єктів або окремих їх частин, наприклад, стабілізації температури еталонних мір опору, апертурних діафрагм еталонних випромінювачів на фазових переходах, різного роду середовищ при біологічних дослідженнях, при виконанні робіт із калібрування в галузі контактної та безконтактної термометрії, теплофізичних та оптичних вимірюваннях та ін.

З метою вирішення наведених вище питань розроблено багатофункціональний циркуляційний термостат, який забезпечує підтримання заданої температури об'єктів у термостатованій ємності, наприклад, мір електричного опору, проводить калібрування термоперетворювачів методом порівняння, забезпечує стабілізацію температури окремих частин приладів шляхом прокачування термостатованої рідини, наприклад, через цоколь температурних та світлових ламп. До складу цього термостата входять рідинний термостат та охолоджувач із циркуляційним насосом. У складі термостата є вбудований високоточний регулятор-вимірювач температури, як термоперетворювач застосовується платиновий термометр опору типу ТОП-109 Pt 1000. Як теплоносіє може застосовуватися дистильована вода або силіконова олія ПМС-10. Для забезпечення однорідності теплоносія в термостаті застосовується імпертерна мішалка. Охолоджувач виконано на елементах Пельтьє. Система має такі характеристики: температура термостатування – від 5 до 80 °С; основна абсолютна похибка вимірювання $\pm (0,05+0,001/(t-20))$ °С; нестабільність температури $\pm 0,03$ °С; об'єм робочого простору – 10 дм³.

ПРЕЦИЗИЙНІ ПОЗИЦІОНЕРИ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ РОБІТ

Тригуб'як Т. Р.¹, Сліпушенко В. П.², Расчектаєва А. І.²

¹Київ, ²Харків, Україна

Keywords: *optomechanical assemblies, translation stages, motion control.*

Ключові слова: *оптомеханічні збірки, позиціонери, керування рухом.*

Анотація

При вирішенні ряду питань у галузі оптичної спектрометрії, фотометрії та температурних вимірювань, у тому числі при створенні апаратури для відтворення розміру одиниці температури за випроміненням у діапазоні 230–2800 К, необхідно застосовувати обладнання, яке забезпечує багатоосьове юстування.

Розглянуто широкий спектр як окремих модулів позиціонерів для рішення наведених вище питань, так і відповідного сервісного обладнання. Для прецизійного переміщення використовуються транслятори, які умовно можна розділити на механічні (мануальні) та моторизовані лінійні, поворотні та багатоосьові платформи. Механічні транслятори можуть забезпечувати діапазон прецизійного переміщення до 120 мм. Багато з цих позиціонерів дозволяють виконувати переміщення по XY або XYZ координатах. Моторизовані позиціонери включають транслятори лінійного руху з діапазоном переміщення до 600 мм, поворотні платформи, платформи нахилу та багатоосьові платформи з високою роздільною здатністю. На основі цих трансляторів можна реалізувати системи з 3-, 4-, 5- та 6-осьовим юстуванням та з опцією компенсації люфтів, що забезпечує високі показники стабільності, повторюваності позиціонування. Точність позиціонування, якої можливо досягти моторизованими позиціонерами з п'єзодвигунами, може сягати кількох пікометрів, у той час як механічні транслятори здатні забезпечити переміщення з роздільною здатністю в декілька мікрон.

На основі розглянутих позиціонерів розроблено 4-осьову систему юстування прецизійного лінійного пірометра LP-4, яку буде застосовано в складі державного первинного еталона ДЕТУ 06-03-96, для реалізації процедури відтворення розміру одиниці температури за випроміненням методом відносної первинної радіометричної термометрії згідно з MeP-K-19.

**СЕКЦІЯ 8.
ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ**

ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ НА ТОЧКОВІ ПОСТІЙНІ ТА ІМПУЛЬСНІ ДЖЕРЕЛА ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Андреев Ф. М., Осипчук А. В., Стервоєдов М. Г.
Харків, Україна

Keywords: *ionizing radiation, source of gamma radiation, semiconductor.*

Ключові слова: *іонізуюче випромінювання, джерело гамма-випромінювання, напівпровідниковий детектор.*

Анотація

Наявність ядерного озброєння та загроза його використання вимагають пошуку ефективних засобів контролю джерел проникаючого випромінювання як для заскання ядерних вибухів, так і для розвідки забрудненої радіонуклідами місцевості. Ударна хвиля – основний чинник ураження у випадку застосування зарядів великої потужності. Відомо, що ударна хвиля запізнюється на 2–10 с відносно гамма-імпульсу. Імпульс проникаючого випромінювання може бути сигналом для прийняття термінових заходів в автобронетанкових військах для захисту від ударної хвилі за рахунок маневрування та позиціонування об'єкта до її приходу. У випадку застосування зарядів малої потужності проникаюче випромінювання є основним чинником ураження особового складу підрозділів і частин. В Україні має місце проблема вимірювання необхідних і достатніх параметрів імпульсного впливу з метою оперативного виявлення боєздатності підрозділів і частин. Один з етапів її вирішення – точне визначення напрямку на центр ядерного вибуху в просторі. Потреба розвідки забрудненої радіонуклідами місцевості пояснюється необхідністю пошуку оптимальних шляхів руху військової сили та техніки. Техногенні аварії на ядерних об'єктах, що розширюють радіонуклідне забруднення навколишнього середовища, також вимагають не лише оперативної оцінки рівня забрудненості, але й розташування джерел гамма-випромінювання на місцевості, що передбачає в багатьох випадках визначення напрямків на ці джерела.

Метою роботи є створення пристроїв для оперативного визначення напрямку на джерела гамма-випромінювання, в яких підвищена точність вимірювань і які використовують ефект ослаблення іонізуючого випромінювання асиметричними поглиначами різної геометрії. Точність вимірювання кута міста та азимуту поліпшується за рахунок оптимізації крутизни пеленгаційної характеристики ретельним підбором законів зміни товщини поглиначів, використання сучасних напівпровідникових детекторів випромінювання, застосування мікроконтролерів останнього покоління та програмної корекції залежності чутливості CdZnTe детекторів від енергії гамма-квантів.

ESTIMATION OF UNCERTAINTY MEASUREMENT FOR ALPHA/GAMMA-RELATIONSHIP OF SCINTILLATORS

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АЛЬФА/ГАММА-ВІДНОШЕННЯ СЦИНТИЛЯТОРІВ

Гриньов Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленська О. В., Любинський В. Р., Міцай Л. Й., Тарасов В. О.
Харків, Україна

Keywords: *scintillator, alpha/gamma ratio, uncertainty.*

Ключові слова: *сцинтилятор, альфа/гамма-відношення, невизначеність.*

Анотація

У роботі оцінювалася невизначеність вимірювань співвідношення відгуків сцинтилятора на збудження різними видами іонізуючого випромінювання або альфа/гамма-відношення (α/γ). Ця характеристика визначає здатність сцинтилятора виділяти високоенергетичні спектральні лінії від альфа-випромінювачів на тлі супутнього гамма-випромінювання.

Відповідно до ДСТУ-Н РМГ 43:2006 проведено оцінювання невизначеності вимірювання α/γ -відношення тонких сцинтиляторів (висотою від 2 до 5 мм) на основі монокристалів ZnSe(Te), CsI(Tl), BGO та ПС, що випускаються Інститутом сцинтиляційних матеріалів НАН України. На стандартному спектрометричному тракті, з використанням ФЕП R1307, багаторазово ($n = 3$) визначалися відгуки сцинтиляторів, у каналах: V_α – при збудженні α -випромінюванням ^{238}Pu ($E_\alpha = 5,45$ МеВ) та V_γ – при збудженні γ -випромінюванням ^{137}Cs ($E_\gamma = 0,662$ МеВ). Відношення α/γ визначали за формулою: $\alpha/\gamma = V_\alpha E_\gamma / E_\alpha V_\gamma$.

Показано, що для досліджуваних сцинтиляторів, що мають α/γ -відношення у діапазоні від 0,85 до 0,07, відповідно, невизначеність за типом А варіюється від 0,3 до 0,9%. Сумарна невизначеність результату вимірювання знаходиться у діапазоні від 2,5 до 3,0%, а розширена невизначеність – у діапазоні від 5,0 до 6,0%.

СЕМІНАР

**НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ:
НАУКОВІ, ПРИКЛАДНІ, НОРМАТИВНІ
ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ (UM-2020)**

IMPULSE RESPONSE MEASUREMENT TECHNIQUE IN THE MONITORING CONDITION OF THE EQUIPMENT

ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ВЕЛИЧИН В УСЛОВИЯХ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ

Barashkova T., Shirokova V.
Kohtla-Järve Ida-Virumaa, Estonia

Keywords: *impact, accuracy measurement, approach to monitoring, bearing fault, fractal geometry.*

Ключевые слова: *удар, точность измерения, подход к мониторингу, неисправность подшипника, фрактальная геометрия.*

Abstract

Creation of monitoring system will improve technical resources of mining equipment. The tasks relevant to accuracy of monitoring must be resolved, since the accuracy is very important in analysis of impact impulses and vibration, which provide for diagnostics of bearings, appears in the problems with reduction gears, unbalances, misalignments in mining engineering. Algorithmic correlation technique must be applied to achieve maximum quality of the signal and definite spectrum for further analysis. The task of determination of elasticity characteristics of high-capacity synthetic mining ropes is actual.

Precision is the most important and decisive product-quality index. When solving the tasks of diagnostics the requirements to the precision of measuring devices are tighten by 1.5-1.6 times every year. In this connection measuring systems integrated into the net-communications of the mining in Estonia, become more and more necessary.

INSTRUMENTAL UNCERTAINTIES ACCOUNTING IN IDENTIFICATION OF NONPOLYNOMIAL CALIBRATION DEPENDENCE

ОБЛІК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕПОЛІНОМІАЛЬНОЇ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ

Botsiura O., Zakharov I., Semenikhin V.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: *calibration, instrumental uncertainties, least squares method, non-polynomial dependence.*

Ключові слова: *калібрування, інструментальна невизначеність, метод найменших квадратів, неполіноміальна залежність.*

Abstract

The problem of constructing a calibration dependence of measuring instruments is solved using a measuring experiment, during which values are measured with some uncertainties. According to the obtained values of the measured quantities for a given type of dependence, its identification is carried out. The most common method for solving the identification problem is the least squares method, which is well implemented for polynomial dependencies. In metrological practice, one often has to deal with the case when identifying a nonlinear calibration dependence, an increase in the degree of the polynomial within reasonable limits does not lead to a significant decrease in the approximation error. In this case, the transformation of the original dependence into a linear dependence is applied by changing the variables. The parameters of the linearized dependence are subsequently found using the least square method.

Uncertainty of identification of linearized dependence is considered, which consists of two components – approximation uncertainty and instrumental uncertainty. The first component is known using the least square method. When finding the second component, two cases are considered: when the values of the input variable are known exactly or with corresponding uncertainties. This paper discusses the solution to the problem of the uncertainty evaluation of the non-polynomial dependence identification taking into account the uncertainties of the measured values.

АКТИВНІ МЕТОДИ У НАВЧАННІ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Bukricieva O., Medvedovska Ya.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: *project method, case study, measurement uncertainty, reference signal, e-learning.*

Ключові слова: *метод проєктів, аналіз прикладів із практики, невизначеність вимірювання, референтний сигнал, онлайн-навчання.*

Abstract

The problem of activation of students' cognitive activity and efficient use of school hours in the course of studying by them of the definition of measurement uncertainty and its calculation is considered.

At the first stage determining all peculiarities of perception by students of theoretical principles of measurement uncertainty was aimed.

At the second stage the authors asked the students to evaluate those skills they have gained.

Innovative and production-related technologies, interactive methods of learning, methods of creating school and professional situation may appear to be the preferable solution.

The authors chose the «case study» method, once its distinguish feature is the creation of problem situation based on facts of real life or professional activity. Such case allows for obtaining any suitable solution that may be applied in similar circumstances. To implement wide tasks, the authors used the method of projects requiring the students to have skills in various fields and solving the matter of interdisciplinary integration of knowledge, skills and expertise. Moreover, e-learning elements were used as additional materials: SD cards, interactive video, simulators. The authors adopted the described methods at the third stage of study in spring 2019. Pedagogical experiment was genetic, one-factor, open, parallel, in natural conditions. The results demonstrated that, subject to static essentiality and compared to the control group, successfulness of learning measurement uncertainty increased by 16%, and quality – by 12%. These figures allow for making a conclusion on efficiency and reasonability of implementation of active methods in teaching measurement uncertainty.

ОЦЕНИВАНИЕ ДАННЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛИЧЕНИЙ КОOMET

Бурмистрова Н. А., Чуновкина А. Г., Звягин Н. Д.
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Keywords: *inconsistent data, metrological compatibility, uncertainty, reference value, degree of equivalence COOMET, СМС.*

Ключевые слова: *несогласованные данные, неопределенность, опорное значение, степени эквивалентности, КОOMET, СМС.*

Аннотация

Рекомендации КОOMET R/GM/19:2016 «Руководство по оцениванию данных дополнительных сличений КОOMET» используются при обработке данных сличений КОOMET. Их апробация показала, что данная рекомендация часто используется при оценивании двухсторонних сличений, поэтому случай обработки данных двухсторонних сличений был выделен при очередной актуализации данной рекомендации в рамках темы КОOMET 302/RU/04. Сейчас рекомендация находится на обсуждении и согласовании внутри ТК КОOMET.

Дополнительные сличения национальных эталонов проводятся с целью подтверждения измерительных и калибровочных возможностей (СМС) соответствующих национальных метрологических институтов (НМИ).

При оценивании данных дополнительных сличений подтверждаются неопределенности измерений, заявляемые участниками сличений, что является, по сути, подтверждением соответствующих калибровочных/измерительных возможностей.

Измерительные/калибровочные возможности представляются в виде расширенных неопределенностей для уровня доверия 0,95 и не могут быть меньше, чем неопределенности измерений, заявленные участниками сличений. Предлагается схема подтверждения СМС, которая описывает последовательность применяемых алгоритмов обработки и проверок критериев χ^2 и E_n .

UNCERTAINTY OF THE STRAIGHT-LINE ESTIMATED BY LINEAR REGRESSION METHOD

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ПРЯМОЇ ЛІНІЇ, ЯКА ОЦІНЕНА МЕТОДОМ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ

Warsza Z., Puchalski J.
Warszawa, Poland

Keywords: *uncertainty, straight-line function, linear regression method.*

Ключові слова: *невизначеність, функція прямої лінії, метод лінійної регресії.*

Abstract

In the part 1 the estimation of the uncertainty of straight-line $y=ax+b$ parameters determined with the linear regression method is presented. The type B uncertainty, which was not included yet in regression method, is considered in accordance with the GUM Guide convention. The essence of the problem, criteria of the linear regression method and its application for measuring points with uncorrelated data, uncertainties type A, known and also unknown but of the same value for all points, are discussed. These problems are illustrated by simulated computational examples of measuring the y coordinates of points with different variants of their uncertainties of type A and type B. The straight-line equation and its uncertainty bands were determined. In the part 2 are discussed the uncertainty bands of straight-line and uncertainties of its parameters for the correlated data of measured points. Type B uncertainty is determined as the standard deviation of uniform distribution with a range equal to the maximum permissible error (MPE) E_{\max} of measuring instruments. When all measurements are made with the same meter, it increases linearly according to the relationship $u_{By}(y) = u_{B0} + kB \cdot y$. The combined uncertainty band $u_y(y)$ of a regression straight-line is the geometric sum of its uncertainty type A band, i.e. $u_{Aab}(x)$ and of the meter uncertainty function type B $u_{By}(y)$. The coverage factor $k_{0.95}$ for the convolution of various distributions of types A and B uncertainties, e.g. Student's with Gauss or with rectangular, is determined by the Monte Carlo method due GUM Suppl. 2. It can also be assumed that $k_{0.95} \leq t_{0.95, n-2}$, because the k_p coefficient of the rectangular distribution is less than 2.

ОСОБЛИВОСТІ КАЛІБРУВАННЯ КОМПАРАТОРІВ ЧАСТОТНИХ

Velychko O., Shevkun S., Dobroliubova M., Meshcheriak O.
Kyiv, Ukraine

Keywords: *frequency comparator, frequency measure, calibration, measurement uncertainty.*

Ключові слова: *компаратор частотний, міра частоти, калібрування, невизначеність вимірювань.*

Abstract

Modern precision measurements of time and frequency are the most accurate measurements among measurements of other physical quantities. They are impossible without the use of highly stable reference frequency sources (frequency standards) and frequency comparators.

The report presents the main results of research in the calibration of precision frequency comparators using high-precision frequency standards. The structural scheme and model of measurements, and also features of definition of the budget of the measurement uncertainty at calibration are described.

The influence of the most significant influence values on the accuracy of measurement results is analyzed. The content of quantitative and qualitative indicators of corrections that must be taken into account during calibration to achieve the highest measurement accuracy is revealed. Practical results of researches of instability of the frequency entered by the comparator at zero difference of frequencies of input sinusoidal signals of 5 MHz from the cesium generator in a bandwidth of 3 Hz on time intervals of 1 s, 10 s, 1 hour, 1 day are resulted.

Practical results include numerical values and plotted on the main indicators of frequency instability, such as: increase in phase difference between signals, relative frequency difference between signals, root mean square relative deviation of frequency, root mean square relative two-sample frequency deviation (Allan deviation), and power spectrum of relative deviations of signal frequency.

Uncertainty budgets were compiled and the results of calibration of the frequency comparator Ч7-308А/1 at the time intervals of measurements of 1 s, 10 s, 1 hour, 1 day are given. The main advantages of calibration of comparators with the minimum difference of input frequencies and the optimal number of measurements at each time interval of measurement are given.

It is expedient to use the described method by each metrological laboratory which carries out calibration of frequency comparators.

METROLOGICAL ANALYSIS OF THE ADVANCED METHOD OF ELASTOGRAPHY OF BLOOD VESSELS

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ЕЛАСТОГРАФІЇ КРОВОНОСНИХ СУДИН

Витвицька Л. А., Лаврук Х. З., Чуйко М. М., Витвицький З. Я.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: *uncertainty, ultrasonic vibrations, elastography, blood vessels, shear wave.*

Ключові слова: *невизначеність, ультразвукові коливання, еластографія, кровоносні судини, зсувна хвиля.*

Анотація

Обґрунтовано доцільність дослідження стану поверхневих сонних артерій, у яких часто утворюються атеросклеротичні бляшки. Для діагностики сонних артерій пропонується проводити еластографію на зсувних (поперечних) хвилях, при яких коливання частинки відбуваються в площині, перпендикулярній до напрямку поширення хвилі. Утворення зсувної хвилі, на відміну від компресійної, не вимагає тривалого натискання давачем на поверхневі шари досліджуваної області. Тим самим досягається візуалізація більш високої точності та якості.

Наведено результати оцінки достовірності контролю судин людського організму з використанням методу еластографії, проаналізовано вплив факторів людського організму на процес контролю стану судин. Розглянуто механічні властивості стінок кровоносних судин різних типів, встановлено їх залежність від вмісту колагену, еластину і гладких м'язових волокон, розроблено фізико-математичну модель процесу розповсюдження пульсової хвилі, утвореної при стисканні й розтисканні серцевого м'яза, тобто чергування систолічного і діастолічного тисків крові, визначено залежність швидкості та виду руху крові (ламінарна чи турбулентна течія) від пружних властивостей стінок судин. Проаналізовано вплив шуму, який спричиняється рухом крові по судинах, на швидкість ультразвукової хвилі, відбитої від судини. На основі експериментально отриманих даних визначено за типом В складові невизначеності та розраховано сумарну методичну невизначеність, значення якої становило 10,5%. Розрахунок інструментальних складових невизначеності здійснено окремо по кожному каналу вузла збудження та вимірювального вузла з урахуванням точності складових елементів, які містять ці вимірювальні канали. Сумарна невизначеність контролю з врахуванням методичної та інструментальної складових становила 12,5%.

THE APPLICATION UNCERTAINTY MEASUREMENT THEORY FOR CERTIFICATION METHODOLOGY REVISION OF THE ELMENDORF TEARING TESTING MACHINE

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПЕРЕСМОТРЕ МЕТОДИКИ АТТЕСТАЦИИ ПРИБОРА ЭЛЬМЕНДОРФА

Владимирова Т. М., Истомина Ю. А.
Архангельск, Российская Федерация

Keywords: *expanded uncertainty, pulp quality measure, certification procedure, Elmendorf Tearing Testing Machine.*

Ключевые слова: *расширенная неопределенность, показатель качества целлюлозы, методика аттестации, прибор Эльмендорфа.*

Аннотация

Приведены основные результаты исследования влияния составляющих систематической погрешности при пересмотре методики аттестации прибора Эльмендорфа.

Представлена характеристика и рассмотрен принцип действия испытательного прибора. Представлены результаты испытаний прибора Эльмендорфа по определению сопротивления раздиранию бумаги и картона с массой квадратного метра – 20...700 г/м².

Рассмотрена процедура аттестации, нормативные требования к проведению аттестации испытательного оборудования.

Полученные результаты оценки качественных характеристик бумаги и картона использованы для разработки методики аттестации прибора Эльмендорфа. В рамках оценки точностных характеристик методики аттестации была оценена относительная погрешность, а также неопределенность измерения силы сопротивления раздиранию.

Представленные результаты определения расширенной неопределенности показателя качества позволяют сделать вывод о возможности применения методики на предприятиях, осуществляющих производство бумаги, целлюлозы и картона.

ІВС ТА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ОТРИМУВАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Володарський Є. Т., Добролюбова М. В., Кошева Л. О.
Київ, Україна

Keywords: *information-measuring system, measuring channel, real characteristic, additive and multiplicative components, measurement uncertainty, functional transformation, instrumental correlation component.*

Ключові слова: *інформаційно-вимірювальна система, вимірювальний канал, реальна характеристика, адитивна та мультиплікативна складові, невизначеність вимірювання, функціональне перетворення, інструментальна кореляційна складова.*

Анотація

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) займають особливе місце серед засобів вимірювальної техніки і є сукупністю функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірювальної інформації, її перетворення й обробки з метою надання в необхідному вигляді.

ІВС є багатоканальною. Залежно від розв'язуваної задачі використовується паралельна або послідовно-паралельна структурна організація ІВС. Якщо не існує особливих вимог, то найчастіше застосовують послідовно-паралельну структурну організацію, тобто використовують один вимірювальний канал (ВК), до якого з виходів давачів/перетворювачів по черзі (або відповідно до обраного алгоритму) подається уніфікований сигнал (найчастіше напруга постійного струму), пропорційний вимірюваній фізичній величині.

Якщо результати вимірювального перетворення окремих фізичних величин надалі використовуються для функціональної обробки відповідно до модельного рівняння $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, то з'являється стохастичний зв'язок між вихідними величинами ВК, рознесеними в часі. Це обумовлено тим, що уніфіковані вихідні величини вимірюються одним і тим самим ВК, тобто неточність ВК є спільною впливовою величиною при формуванні результату у.

Неідеальність ВК може характеризуватися зсувом характеристики перетворення – адитивна складова Δ , і зміною її чутливості (кута нахилу характеристики) – мультиплікативна складова γ .

Оцінюється внесок інструментальної кореляції двох функціонально пов'язаних вхідних величин у невизначеність результату перетворення за наявності адитивної й мультиплікативної складових реальної характеристики перетворення ВК. Як базові функціональні перетворення розглядаються додавання, віднімання, множення і ділення. Аналізується вплив співвідношення між вхідними величинами на додаткову складову невизначеності функціонального перетворення, робляться узагальнення і даються рекомендації.

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО
АНАЛІЗУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Григоренко І. В., Григоренко С. М., Жук О. В.
Харків, Україна

Keywords: *measurement uncertainty, correlation, temperature, meter, sensor, error.*
Ключові слова: *невизначеність вимірювань, кореляція, температура, вимірювач, давач, похибка.*

Анотація

У доповіді розглянуто вирішення науково-практичної задачі обґрунтування необхідності врахування кореляції між результатами вимірювання температур, що отримані за допомогою двох давачів TMP36 та DS18B20. Давачі під'єднані до мікроконтролерної плати Arduino Uno. Комп'ютерне моделювання виконано за допомогою програмного забезпечення для системного проєктування – LabVIEW. Надано інформацію щодо кореляційного аналізу, який дає можливість визначати ступінь впливу факторних ознак на результати вимірювань, встановити єдину міру тісноти зв'язку та роль досліджуваного фактору (факторів) у загальній зміні результативної ознаки.

Зазначено, що сенс кореляційного аналізу щодо вимірювань температури двома давачами полягає у визначенні кількісної міри схожості різних сигналів. Для перевірки якості функціонування давача температури TMP36 обрано більш точний за метрологічними характеристиками давач температури DS18B20. Порівняльний аналіз здійснено за 30 контрольними точками.

Наведено підключення давачів до плати Arduino Uno та блок-діаграму повірки давача температури, що сконструйована за допомогою програмного забезпечення для системного проєктування – LabVIEW. Виконано обчислення коефіцієнта кореляції. Зроблено перевірку значущості коефіцієнта кореляції, який обчислено за обмеженою кількістю спостережень. Проведено розрахунок сумарної стандартної невизначеності для корельованих даних.

Зроблено висновки, що ігнорування кореляції у розглянутому випадку привело б до збільшення значення сумарної стандартної невизначеності у 3,3 рази. Розрахунок розширеної невизначеності для корельованих даних показав, що ігнорування кореляції призвело б до невиправданого збільшення розширеної невизначеності у 3 рази.

ПОПРАВКИ: ВВОДИТЬ ИЛИ НЕ ВВОДИТЬ?

Данилов А. А.

Пенза, Российская Федерация

Keywords: *calibration, correction, criterion, measurements, systematic effect, uncertainty.*

Ключевые слова: *измерения, калибровка, критерий, неопределенность, поправка, систематический эффект.*

Аннотация

Акцентируется внимание на необходимости принятия критерия значимости поправки в отношении ее введения в результат измерений.

Дело в том, что в соответствии с пунктом 3.4.4 ISO/IEC Guide 98-3:2008: «Если поправка на систематический эффект незначительна по сравнению с суммарной стандартной неопределенностью результата измерения, то допускается не вносить эту поправку в результат измерения». Однако критерий значимости поправки в документе не установлен.

Помимо введения поправок в результаты измерений, отсутствие критерия значимости поправок, кроме того, не позволяет однозначно реализовать второй этап калибровки, заключающийся в «установлении соотношения, позволяющего получать результат измерений из показания» (см. пункт 2.39 JCGM 200:2012).

Следует иметь в виду, что значения поправок получают в виде оценок по результатам калибровки, проводимой с некоторой неопределенностью измерений, а потому, уменьшая смещение результатов измерений (возникающее за счет систематических эффектов), введение поправок приводит к увеличению неопределенности измерений.

Ранее, рассуждая с точки зрения концепции погрешности, различные ученые в своих трудах (Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Москва, 1985. С. 137–138; Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. Киев, 1983. С. 118–119; Захаров И.П. Теоретическая метрология. Харьков, 2000. С. 76–77; Сергеев А.Г. Метрология. Москва, 2005. С. 61–63) рекомендовали поправку на систематические эффекты вводить лишь тогда, когда она уменьшает доверительные границы погрешности.

Теперь же, с точки зрения концепции неопределенности, автору известен лишь единственный документ – ISO 5725-4:1994, в котором говорится о некотором критерии значимости смещения за счет систематического эффекта (а значит, и о значимости поправки): «Если оценка смещения за счет систематического эффекта меньше или равна половине расширенной неопределенности, то нет оснований говорить о наличии смещения за счет систематического эффекта». Правда, сам этот критерий приведен без какого-либо обоснования...

КОМПЕТЕНТНІСТЬ ПЕРСОНАЛУ ЯК СКЛАДОВА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ
КАЛІБРУВАННЯ

Єременко В. С., Мокійчук В. М.
Київ, Україна

Keywords: accreditation, ISO/IEC 17025, uncertainty of measurements in calibration, competence, competence criteria.

Ключові слова: акредитація, ISO/IEC 17025, невизначеність калібрування, компетентність, критерії компетентності.

Анотація

У калібрувальних лабораторіях внесок персоналу лабораторії в невизначеність калібрування вважається незначущим на підставі того, що персонал є компетентним. Відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 калібрувальна лабораторія повинна забезпечити, щоб персонал мав компетентність для виконання своєї діяльності, за яку він несе відповідальність. Загальноприйняті об'єктивні критерії не розроблені, що призводить до різних вимог і методів оцінювання у лабораторіях. Теоретична підготовка персоналу є лише необхідною складовою, остаточне рішення стосовно допуску до виконання калібрування повинно ґрунтуватися на результатах практичного виконання методики калібрування. Практичні результати X_1 прийнято порівнювати з «опорним» значенням – результатом іншого фахівця X_2 з відповідною розширеною невизначеністю U_1, U_2 та із застосуванням E_n – статистики згідно з ISO/IEC 17043:2010: $E_n = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}}$.

Результат такого оцінювання вважається задовільним, якщо $-1 \leq E_n \leq 1$. У розрізі оцінювання компетентності персоналу така оцінка буде занадто грубою, оскільки не можна прийняти, що фахівці не впливають на невизначеність, потенційно допустима частка буде в $\sqrt{2}$ більша за невизначеність калібрування, яка, відповідно, збільшиться вдвічі.

З огляду на очевидну недостатність такого оцінювання, пропонується застосовувати статистику Стьюдента для залежних даних $t = \frac{\bar{d}}{s_d} \sqrt{n}$, із додатковими зауваженнями: точки калібрування обираються в межах одного піддіапазону, їх кількість n , за значення s_d використовується значення цільового допустимого стандартного відхилення, відповідного випадковій складовій невизначеності калібрування. Різниця d між результатами фахівців X_1 і X_2 незначуща, якщо $t < t_\alpha(v)$, $t_\alpha(v)$ – граничне значення статистики для $v = n - 1$ та рівня значущості α . Така оцінка буде більш об'єктивною, оскільки враховує цільову допустиму випадкову складову невизначеність калібрування, яка залежить від співвідношення точності робочого еталона та ЗВТ. Максимальна різниця між результатами фахівців для запропонованого методу буде не більше цільової невизначеності, що дозволить не враховувати внесок персоналу в невизначеність калібрування.

DEVELOPMENT OF DECISION RULE ON CONFORMITY TAKING INTO ACCOUNT UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS

РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О СООТВЕТСТВИИ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Ефремова Н. Ю.

Минск, Республика Беларусь

Keywords: *decision rule, measurement uncertainty, test laboratory, calibration laboratory, accreditation.*

Ключевые слова: *правило принятия решения, неопределенность измерений, испытательная лаборатория, калибровочная лаборатория, аккредитация.*

Аннотация

В настоящее время в соответствии с требованиями новой версии стандарта ISO/IEC 17025:2017 лаборатории должны не только уметь оценивать неопределенность измерений, но и правильно использовать ее при формулировании заключений о соответствии заданным требованиям. Правило, которое описывает, как учитывается неопределенность измерений при принятии решения о соответствии, называется правилом принятия решения. Это абсолютно новое требование в ISO/IEC 17025, и многие лаборатории столкнулись с трудностями при его реализации на практике.

Международные рекомендации и методики по оценке соответствия всевозможных объектов в различных областях измерений представлены в ISO/IEC Guide 98-4:2012. Однако существуют и другие документы, разработанные с учетом специфики конкретного вида измерений и принятых правил работы в рассматриваемой области измерений. Так, при выполнении оценки соответствия средств измерений в рамках выполнения таких процедур, как поверка, калибровка и испытания, с целью утверждения типа можно воспользоваться положениями Guide OIML G 19. Но если измерения выполняются в области геометрических величин, то здесь действуют ISO 14253-11:2017. С целью оказания содействия лабораториям в использовании правил принятия решений ИЛАС разработала свой руководящий документ ИЛАС-G8:09/2019 «Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity».

В докладе приводится не только краткий обзор всех этих документов, но и конкретные рекомендации по их применению на практике. Также рассматриваются основные понятия и параметры, которые должны быть понятны и обязательно учитываться в лаборатории при разработке своего или выборе из уже существующих правил принятия решения. Описываются конкретные правила принятия решений для калибровочной и испытательной химической лабораторий.

ABOUT THE INFLUENCE OF THE SYSTEMIC EFFECT OF THE EARTH'S TROPOSPHERE AND IONOSPHERE ON THE SHAPE OF THE ELECTROMAGNETIC SIGNAL TRAJECTORY AND THE ACCURACY OF GNSS MEASUREMENTS

О ВЛИЯНИИ СИСТЕМНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРОПОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ НА ФОРМУ ТРАЕКТОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СИГНАЛА И ТОЧНОСТЬ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ

Занимонский Е. М., Прокопов А. В., Олейник А. Е.
Харьков, Украина

Keywords: GNSS, ionosphere, troposphere, systemic refractive effects.

Ключевые слова: ГНСС, ионосфера, тропосфера, системные рефракционные эффекты.

Аннотация

Ионосферные эффекты высших порядков и их влияние на точность геодезических и геофизических ГНСС-измерений уже давно стали объектом пристального внимания исследователей многих стран мира. Анализ подобных эффектов обычно базируется на рассмотрении рефракционных свойств ионосферы, наличие тропосферы при этом не учитывается.

В то же время появились публикации, в которых обсуждается влияние вышеупомянутых эффектов на тропосферную зенитную задержку. По сути, на конкретном примере рассматривается взаимное влияние ионосферных и тропосферных рефракционных эффектов при трансатмосферном распространении электромагнитных волн.

Необходимость учета такого влияния показана и в общем случае – путем оценки системного эффекта совместного (одновременного) воздействия рефракции в тропосфере и ионосфере на форму траектории сигнала и на результаты ГНСС-измерений. Данная оценка, выполненная на основе моделирования преломляющих свойств тропосферы и ионосферы, показала необходимость учета такого эффекта как для двухчастотных измерений, так и для одночастотных, для которых ионосферные эффекты высших порядков обычно не принимаются во внимание.

Учитывая практическую важность обсуждаемого системного эффекта, представляет интерес провести численный эксперимент по оценке его влияния на неопределенность ГНСС-измерений для различных условий применения ГНСС. Целесообразно предусмотреть такой эксперимент в рамках работ по оценке качества обработки данных ГНСС-измерений различными программами. В настоящем докладе анализируются возможные расчетные соотношения, необходимые для осуществления данного численного эксперимента, а также ожидаемые точностные характеристики.

PROCEDURE DEVELOPMENT OF MEASUREMENT UNCERTAINTY EVALUATION AT ELECTRONIC STOPWATCH CALIBRATION

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ КАЛІБРУВАННІ СЕКУНДОМІРА ЕЛЕКТРОННОГО

Засядько В. М.
Харків, Україна

Keywords: *calibrating the electronic stopwatch, assessing the uncertainty of measurements, completing the error, the property, decreasing the error.*

Ключові слова: *калібрування секундоміра електронного, оцінювання невизначеності, додаткова похибка, собівартість, зниження похибки вимірювань.*

Анотація

Мета дослідження полягає в підвищенні точності вимірювань у процесі калібрування електронного секундоміра завдяки використуванню пристрою відеоспостереження. У результаті знижено величину невизначеності вимірювання та собівартість проведення операції калібрування.

Розроблена методика з використанням пристрою відеоспостереження у процесі калібрування секундоміра електронного дозволяє знизити додаткову похибку оператора та зменшує загальну похибку вимірювань, знижуючи величину невизначеності. За рахунок зниження людино-годин роботи оператора знижується собівартість калібрування в цілому.

Оцінювання невизначеності вимірювань під час калібрування секундоміра електронного дозволяє оцінювати точність вимірів показів засобів вимірювань. Проводити оцінювання невизначеності необхідно за двома типами невизначеності: А та В.

Шляхом статистичного аналізу ряду спостережень часу оцінюємо невизначеність вимірювань секундоміром електронним за типом А за формулою:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}.$$

Враховуючи поправки на додаткову нестабільність еталонної міри та пристрою зрівнянь еталонної міри та каліброваного секундоміра, визначаємо стандартну невизначеність за типом В за такою формулою:

$$u_B = \frac{a}{2\sqrt{3}}.$$

Сумарну стандартну невизначеність калібрування визначаємо з урахуванням усіх складових невизначеностей за двома типами за формулою:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Побудовано бюджет невизначеності, розраховано розширену невизначеність вимірювань із використанням формули Велча-Саттерсвейта.

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ МЕТОДОМ ЕКСЦЕСІВ
ПІД ЧАС КАЛІБРУВАННЯ МІКРОМЕТРА

Zakharov I., Botsiura O., Tsybina I., Zakharov O.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: calibration, micrometer, measurement uncertainty, kurtosis method.

Ключові слова: калібрування, мікрометр, невизначеність вимірювань, метод ексцесів.

Abstract

The procedure for measurement uncertainty evaluation at micrometer calibration by the kurtosis method is considered. The measurement model as the deviation of the micrometer readings from the length of the reference gage block is recorded. The measurement model takes into account the corrections for the micrometer resolution to be calibrated, lack of flatness and departure from parallelism of its measuring faces, as well as for the temperature difference between the gage block and the calibrated micrometer.

The input values and their standard uncertainties are estimated. The calculation of the combined standard uncertainty and expanded uncertainty is carried out taking into account the kurtosis of the input quantities. The report presents an uncertainty budget, which can serve as a basis for creating a software tool that facilitates calculations.

The proposed procedure was validated by the Monte Carlo method, which showed that it is adequate for an intended use.

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ГИРІ

Захаров І. П., Боцюра О. А., Паценко О. М.
Харків, Україна

Keywords: *measurement uncertainty, calibration, weight, finite increment method, kurtosis method.*

Ключові слова: *невизначеність вимірювань, калібрування, гиря, метод кінцевих збільшень, метод ексцесів.*

Анотація

Аналізується приклад 9.3.1.1 з JCGM-S1 «Калібрування маси», в якому описані звірення в повітрі еталонної гирі й гирі, що калібрується, які мають одну й ту ж саму номінальну масу. У JCGM-S1 порівнюються процедури оцінювання невизначеності, що виконуються на основі концепції невизначеності GUM і методу Монте-Карло. При цьому виявлено суттєве зміщення оцінки невизначеності вимірювань, що отримується по GUM.

Метою роботи є реалізація розроблених методів для оцінювання невизначеності вимірювань під час калібрування гирі з перевіркою їх адекватності.

Використовується процедура, розроблена авторами, що полягає в розкладанні моделі вимірювання в ряд Тейлора другого порядку з урахуванням ексцесів розподілів вхідних величин. Для полегшення розрахунків використовується метод кінцевих збільшень. Для знаходження розширеної невизначеності застосовується метод ексцесів.

Показано гарний збіг результатів, отриманих запропонованим методом, із результатом, отриманим методом Монте-Карло.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИКОНАННІ КІЛЬКІСНОГО ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Захаров І. П., Чуніхіна Т. В., Папченко В. Ю., Матвєєва Т. В.
Харків, Україна

Keywords: line, hybrid, oil, quality and safety indicators, physicochemical methods, parallel measurements, measurement uncertainty.

Ключові слова: лінія, гібрид, олія, показники якості та безпеки, фізико-хімічні методи, паралельні вимірювання, невизначеність вимірювання.

Анотація

Соняшник – одна із найбільш розповсюджених олійних культур світу і досить поширених сільськогосподарських рослин України. Висока цінність соняшникової олії полягає у тому, що вона містить близько 90% ненасичених жирних кислот, особливо лінолевої та олеїнової. В Україні у напрямку селекції соняшнику працюють чотири установи системи Національної академії аграрних наук України. Гібриди та сорти насіння соняшнику відрізняються не тільки за групами стиглості, врожайністю, олійністю, стійкістю до вилягання і т.п., але й за жирнокислотним складом олій, який може суттєво відрізнятись від класичного за вмістом основних жирних кислот.

Показники якості та безпеки насіння соняшнику та олії з нього визначаються у спеціалізованих фізико-хімічних лабораторіях, акредитованих на відповідність вимогам стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Відповідно до вимог цього стандарту лабораторії повинні мати процедури оцінювання невизначеності вимірювань за кожним видом випробувань. Однак ця вимога у більшості лабораторій не виконується у зв'язку зі специфікою фізико-хімічних випробувань.

У рамках роботи проведено дослідження насіння соняшнику лінії Х526В вітчизняної селекції з підвищеним вмістом олеїнової кислоти, а також отриманої з нього методом одноразового пресування олії. Керуючись рекомендаціями, визначено фізико-хімічні показники якості та безпеки насіння соняшнику лінії Х526В та одержаної з нього олії, а саме: вологість; сміттєві та олійні домішки; кислотне число олії; масова частка олії, в перерахунку на суху речовину (%); масова частка жирних кислот; вміст хлороорганічних пестицидів; вміст токсичних елементів та мікотоксинів (мг/кг); початкове перекісне число олії; строки придатності олії.

Наведено приклади оцінювання невизначеності вимірювання вказаних показників якості та безпеки.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Князев В. В., Сафнюк Г. Ю.
Харьков, Украина

Keywords: *electromagnetic compatibility, test result, immunity, uncertainty, budget, impact factor.*

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, результат испытаний, невосприимчивость, неопределенность, бюджет, коэффициент влияния.*

Аннотация

Для использования оборудования на объектах высокой экологической опасности, объектах, к которым предъявляются особые требования надежности функционирования, испытания оборудования должны проводиться в аккредитованных испытательных лабораториях, соответствующих требованиям ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. Одним из аспектов требований указанного стандарта есть доказательство достоверности результатов испытаний, что, в частности, предполагает оценку неопределенности результатов испытаний. Отличительная особенность испытаний устойчивости оборудования к воздействию регламентированных стандартами разнообразных электромагнитных помех заключается в том, что зачастую результаты испытаний носят качественный характер, определяемый соответствием заданному критерию качества функционирования.

Современные редакции стандартов серии ДСТУ EN/IEC 61000-4 содержат разделы с описанием процедуры оценки неопределенности выходных параметров испытательных генераторов. Например, в ДСТУ EN/IEC 61000-4-5:2019 рассмотрены примеры бюджета неопределенности для длительностей фронта и спада, пикового значения импульса напряжения на выходе генератора в режиме холостого хода. Указанные данные относятся к процедуре верификации самого генератора.

При аккредитации испытательной лаборатории необходимо оценить неопределенности результатов испытаний оборудования. Очевидно, что значение неопределенности верификации параметров генератора является одной из составляющих бюджета неопределенности результатов испытаний. В докладе рассмотрен вклад других составляющих бюджета неопределенности на примере реализации испытаний по ДСТУ EN/IEC 61000-4-5:2019. Показаны основные трудности реализации строгого рассмотрения задачи, обоснован выбор составляющих, вносящих основной вклад, и возможность пренебречь влиянием остальных.

METHOD OF UNCERTAINTY ESTIMATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS RECOVERY FOR MEASURING CHANNELS IN SPATIALLY DISTRIBUTED INTELLECTUAL INFORMATION MEASURING SYSTEMS

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Коваль А. О., Медведовська Я. С., Лебединський А. В., Петрукович Д. Є., Діденко Н. В., Янушкевич С. Д.
Харків, Україна

Keywords: *uncertainty, measuring channel, dynamic characteristics, dynamic error, recovery, current measurements.*

Ключові слова: *невизначеність, вимірювальний канал, динамічні характеристики, динамічна похибка, відновлення, поточні вимірювання.*

Анотація

Метою досліджень є оцінювання невизначеності відновлення перехідної та імпульсної характеристик вимірювальних каналів тиску нейромережним методом у просторово розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах.

Показано, що в результаті «старіння» елементів вимірювальних каналів за три роки відхилення динамічних характеристик від номінальних значень може сягати 15%, що у свою чергу призводить до зростання динамічних похибок вимірювання тиску в 1,7 разу та збільшення сталої часу вимірювального каналу з 80 до 240 мс.

Пропонується як критерій навчання нейромережевого алгоритму використовувати невизначеність типу В вихідного сигналу вимірювального каналу, а як показник якості відновлених перехідної та імпульсної характеристик – невизначеність типу В їх значень для кожного зі сталих режимів роботи об'єкта вимірювань.

Показано, що ефективним рішенням є формування і використання для навчання нейронної мережі функціоналу невизначеності типу В у просторі «час-частота», формування адаптивних порогів невизначеності вихідних сигналів для відповідних фіксованих інтервалів кореляції вхідних сигналів вимірювальних каналів. Такий підхід дозволяє врахувати перехідні процеси, викликані зміною режиму роботи об'єкта вимірювання, отримувати усередині динамічні характеристики, значно зменшити вплив нестационарності вимірюваного процесу та його відношення сигнал/шум на невизначеність відновлених динамічних характеристик вимірювального каналу за даними поточних вимірювань.

Наведено ілюстративні матеріали результатів досліджень методу оцінювання невизначеності відновлення динамічних характеристик в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах.

VERIFICATION OF TEST METHODS BY INTERNAL LABORATORY METHOD

ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДИК ВИПРОБУВАННЯ ВНУТРІШНЬО-ЛАБОРАТОРНИМ СПОСОБОМ

Коцюба А. М., Коцюба Л. Г.
Київ, Україна

Keywords: *verification of methods, validation of methods, trueness, repeatability, reproducibility.*

Ключові слова: *верифікація методик, валідація методик, правильність, збіжність, відтворюваність.*

Анотація

Проаналізовано вимоги міжнародного стандарту ISO/IEC 17025:2017, на відповідність вимогам якого акредитуються калібрувальні та випробувальні лабораторії, стосовно верифікації методик випробування і калібрування та розглянуто спосіб верифікації стандартизованих методик випробування, який базується на принципах, викладених у міжнародних стандартах серії ISO 5725. Показано, що незважаючи на формальну вимогу стосовно верифікації всіх без винятку методик калібрування та випробування, «чистій» верифікації підлягають лише стандартизовані методики, оскільки верифікація нестандартизованих методик зводиться до їх валідації.

Визначено показники стандартизованих методик випробування, які підлягають контролю під час верифікації методик внутрішньолабораторним способом з метою надання об'єктивних доказів щодо виконання специфічних вимог під час застосування методик у лабораторії.

Розглянуто внутрішньолабораторний спосіб верифікації стандартизованих методик на основі показників збіжності та міжлабораторної відтворюваності їх результатів, який полягає в експериментальному підтвердженні збіжності та правильності методик випробування з використанням сертифікованих стандартних зразків відповідно до рекомендацій ISO 5725-6. Наведено рекомендації щодо організації внутрішньолабораторного експерименту для верифікації методик.

Наведено критерії прийнятності збіжності та правильності методик випробування.

У разі відсутності стандартних зразків перевірка правильності внутрішньолабораторним способом є проблематичним завданням. Хорошим варіантом вирішення цієї проблеми може бути міжлабораторний експеримент – міжлабораторні порівняння або двосторонні порівняння з лабораторією високого метрологічного рівня. Однак аналіз результатів міжлабораторного експерименту в доповіді не розглядається.

Надано рекомендації щодо необхідних заходів у разі незадовільних результатів верифікації.

МЕТРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ З ПІДВИЩЕНОЮ ТОЧНІСТЮ ГУСТИНИ НЕРАФІНОВАНИХ ОЛІЙ

Кузьменко Ю. В.¹, Мельник Д. М.¹, Мінченко О. А.¹, Голодняк В.О.², Демидов І. М.², Півень О. М.², Шевченко В. І.², Смородський Д. А.², Хасанов В.В.²
¹Київ, ²Харків, Україна

Keywords: *quality assurance, oil identification factor, high-precision measurement, density of non-refined vegetable oils, standard reference data tables.*

Ключові слова: *оцінка якості, показник ідентифікації олій, вимірювання з високою точністю, визначення густини нерафінованих олій, таблиці стандартних довідкових даних.*

Анотація

Наведено інформацію щодо методології розроблення таблиць стандартних довідкових даних (СДД) з вимірювання залежності густини нерафінованих олій у визначеному інтервалі температур з метою отримання таких економічних і соціальних результатів, як: підвищення ефективності використання речовин і матеріалів; захист економічних інтересів вітчизняного виробника на зовнішньому ринку у зв'язку з вступом України до ЄС та входження в світовий ринок. Дослідження виконувались за підтримки провідних підприємств галузевої асоціації «Укроліяпром», якими було надано зразки нерафінованих олій для проведення досліджень, завдяки чому забезпечено необхідну статистичну вибірку паралелей вимірювань, котра охоплює обсяг продукції, що виробляється в Україні, в тому числі й на експорт. Вимірювання густини нерафінованих олій виконувалися пікнометричним методом. У зв'язку з необхідністю отримання значень густини високої точності були використані засоби вимірювальної техніки з точністю вимірювання $\pm 0,006$ °С. Статистична обробка результатів вимірювань виконувалася в Mathcad за методикою, що містить такі складові: оцінка статистичних даних для сумісної обробки; перевірка наявності значущої систематичної похибки методом послідовних від'ємностей (критерій Аббе); виявлення аномальних результатів за критеріями Граббса, Діксона – Гарднера та Ірвіна; обчислення середнього значення, дисперсії, середнього квадратичного відхилення; оцінювання абсолютної та відносної похибок; оцінювання абсолютної та відносної стандартної невизначеностей вимірювань типу А. На підставі проведених досліджень було розроблено таблиці залежності густини нерафінованих олій (соняшникової, лляної, соєвої) від температури та затверджено як стандартні довідкові дані у Міністерстві розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

ВИРАЖЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ФАЗОВОГО ЗСУВУ СИГНАЛІВ

Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю., Левченко О. Е., Редька М. О.
Київ, Україна

Keywords: *phase measurements, sample circular statistics, uncertainty, sample trigonometric moments.*

Ключові слова: *фазові вимірювання, вибіркові кругові статистики, невизначеність, вибіркові тригонометричні моменти.*

Анотація

Вимірювання фазових зсувів циклічних сигналів використовують у різних галузях науки і техніки – фізиці, радіотехніці, зв'язку, медицині, неруйнівному контролю. Проте часто оцінювання показників точності таких вимірювань здійснюється за методиками, розробленими для опрацювання результатів вимірювання випадкових величин. Останні, на відміну від випадкових кутових величин – плоских кутів та фазових зсувів сигналів, характеризуються розподілами ймовірностей на прямій. Водночас випадковий фазовий зсув сигналів як об'єкт дослідження має особливості, й, у першу чергу, розподіли ймовірностей на колі. В теорії ймовірностей та математичній статистиці є окремі розділи, що присвячені дослідженню випадкових кутів та опрацюванню результатів їх вимірювання. Розроблені в них розподіли, зокрема розподіл Мізеса та намотаний розподіл Гаусса, а також статистичні характеристики – вибіркове кругове середнє, вибіркова кругова дисперсія, вибіркові тригонометричні моменти та ін., запропоновані до використання для оцінювання невизначеності результатів фазових вимірювань.

Наведено загальну постановку задачі інтервального оцінювання результатів багаторазових вимірювань фазових зсувів сигналів. Запропоновано і розглянуто дві методики визначення інтервальних оцінок результатів фазових вимірювань, використання яких залежить від обсягу вибірки даних. Перша передбачає визначення симетричного інтервалу для фазових зсувів сигналів відносно їх вибіркового кругового середнього. Величина інтервалу виражається як розширена невизначеність, що отримується для заданого рівня довіри. Друга методика ґрунтується на визначенні меж інтегрального оцінювання з емпіричного розподілу досліджуваного випадкового фазового зсуву сигналів. Останній обчислюється через вибіркові тригонометричні моменти вибірки значень фазових зсувів сигналів.

Використання запропонованих методик проілюстровано прикладами моделювання процесу опрацювання даних фазових вимірювань. Отримані результати можуть бути використані для статистичного опрацювання результатів фазовимірювальних експериментів в умовах дії завад та подання результату вимірювання в термінах концепції невизначеності.

КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И НЕКОНФЛЮЭНТНОСТЬ

Левин С. Ф.

Москва, Российская Федерация

Keywords: *calibration, measuring instrument, working standard, non-confluence, adequacy.*

Ключевые слова: *калибровка, средство измерений, рабочий эталон, неконфлюэнтность, адекватность.*

Аннотация

Один из наиболее коротких путей калибровки средства измерений (СИ) по данным сличений с рабочими эталонами (РЭ) предусматривает два этапа:

- 1) идентификация методом совместных измерений характеристики положения функции поправок СИ по его показаниям;
- 2) идентификация контурными оценками характеристики рассеяния функции поправок, что с характеристикой положения дает диаграмму калибровки.

Это реализует откалиброванным СИ метод косвенного измерения.

Математический аппарат метода совместных измерений включает регрессионный и конфлюэнтный анализ, регламентированный условиями применимости, которые зачастую не контролируются. В результате получаемые оценки оказываются несостоятельными, создавая иллюзию высокой точности. Особого контроля требуют нарушения условий неконфлюэнтности и адекватности.

Построению линейных градуировочных характеристик при наличии погрешностей измерений входных величин посвящен раздел МИ 2175-91. И если «погрешности измерений входных и выходных величин имеют примерно одинаковый порядок, то в случае непланируемого эксперимента следует использовать методы конфлюэнтного анализа», когда «погрешности измерений входных величин достаточно малы и не могут изменить их порядок возрастания». В противном случае, при нарушении условия монотонности, методы конфлюэнтного анализа оказываются неэффективными.

Рассмотрены методы решения задачи калибровки СИ при нарушении условий неконфлюэнтности и адекватности.

О ПЕРИОДИЧНОСТИ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Левин С. Ф.

Москва, Российская Федерация

Keywords: calibration interval, calibration interval, drift characteristics, predictive metrological system.

Ключевые слова: межповерочный интервал, межкалибровочный интервал, дрейфа характеристик, прогнозирующая метрологическая система.

Аннотация

Определению межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений (СИ) всегда уделялось повышенное внимание. Это обусловлено тем, что с ростом периодичности поверки и калибровки СИ стоимость их эксплуатации уменьшается и возрастает риск необнаруженного отказа. Уменьшение периодичности снижает этот риск, но приводит к выработке ресурса СИ. Одно из первых решений этой задачи на основе опыта исследований по вопросам продления сроков эксплуатации техники, к надежности которой предъявлялись повышенные требования, было получено в середине 1980-х годов методом максимума компактности (ММК). ММК – статистический метод в рамках композиционного подхода интерполяционной концепции вероятности. Метод основан на критериях воспроизводимости распределений вероятностей, схеме перекрестного наблюдения погрешностей неадекватности и, что очень важно, на опыте исследований периодичности проверок и продления сроков эксплуатации техники, к надежности которой предъявляются повышенные требования.

Логика статистического вывода ММК при идентификации математических моделей объектов реализует по критерию минимума погрешности неадекватности проверку системы нулевых гипотез: вырожденности, непрерывности и композиционной однородности зависимостей между физическими величинами. Тогда алгоритмы параметрической идентификации регрессионного анализа – методы максимального правдоподобия (МП), наименьших квадратов (МНК) и модулей (МНМ), медианной интерполяции (МЕД) – в сочетании со схемой перекрестного наблюдения становятся алгоритмами структурно-параметрической идентификации. Их реализуют программы типа «ММК–стат» решения статических измерительных задач и «ММК–дин» решения динамических измерительных задач, в которых эти алгоритмы получили сокращенное обозначение ММКМП, ММКМНК, ММКМНМ, ММКМЕДС.

Целью исследования является демонстрация результатов применения основных методических положений композиционного подхода в задаче определения периодичности поверки и калибровки СИ.

ОСНОВНІ ПОМИЛКИ ПРИ ОЦІНЦІ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Малецька О. Є., Артюх С. М., Бурдейна В. М., Черняк О. М.
Харків, Україна

Keywords: *measurements, measurement uncertainty, measurement reliability, influential quantities, random distribution law, measurement equations, uncertainty budget.*

Ключові слова: *вимірювання, невизначеність вимірювань, достовірність вимірювань, впливні величини, закон розподілу випадкової величини, рівняння вимірювань, бюджет невизначеності.*

Анотація

Наведено основні результати досліджень помилок, які виникають на практиці під час оцінки невизначеності вимірювань. Невизначеність вимірювань широко визнається на міжнародному рівні як необхідна для забезпечення метрологічної простежуваності результатів вимірювань. Однак на національному рівні відсутність у стандартних методиках вимірювань розділу щодо оцінювання невизначеності призводить до суттєвих помилок під час складання бюджету невизначеності вимірювань. Ці помилки в основному пов'язані з компетентністю фахівців, які проводять оцінювання невизначеності. При цьому компетентність повинна бути не тільки у проведенні процесу вимірювань, а саме у визначенні впливних величин на достовірність результату, їх суттєвості, визначенні законів розподілу та складанні рівняння вимірювання. Тому початкові помилки виникають через неправильний запис рівняння вимірювань: урахування суттєвих впливних величин, визначення коефіцієнтів чутливості у складових рівняння.

Інші помилки пов'язані з оцінкою невизначеності за типом А та В. Поради міжнародних документів до визначення невизначеності за типом В приводять до дуже різноманітного підходу до такого оцінювання у різних лабораторіях.

На практиці для використання невизначеності як критерію якості проведених вимірювань та достовірності оцінювання відповідності важливо встановити значення цільової невизначеності або значення максимальної допустимої невизначеності для конкретної вимірювальної величини. Для цього необхідно розробити відповідні методи залежно від завдання оцінки відповідності.

Проведено аналіз ситуацій, які виникали під час оцінювання достовірності результатів вимірювань з урахуванням значень невизначеностей. Для усунення протиріччя між двома лабораторіями необхідно визначити умови домовленості.

**НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПРОБООТБОРА: ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ**

Миранович-Качур С. А.
Минск, Республика Беларусь

***Keywords:** uncertainty from sampling, uncertainty budget, conformity assessment, testing laboratory, empirical approach, modelling approach, ANOVA.*

***Ключевые слова:** неопределенность, обусловленная пробоотбором, бюджет неопределенности, оценка соответствия, испытательная лаборатория, эмпирический подход, подход моделирования, дисперсионный анализ (ANOVA).*

Аннотация

Рассмотрен опыт оценивания составляющей неопределенности, обусловленной пробоотбором, в рамках отдельных испытательных лабораторий с целью выполнения требования международного стандарта ISO/IEC 17025.

Для оценивания составляющей неопределенности, обусловленной пробоотбором, в рамках отдельной испытательной лаборатории предлагается использовать, как наиболее экономически оправданный и эффективный, эмпирический подход (метод дубликатов) и дисперсионный анализ (ANOVA) для обработки экспериментальных данных.

Проведен анализ значимости вклада составляющей неопределенности, обусловленной пробоотбором, в бюджет неопределенности в зависимости от объектов испытаний (пищевое сырье и продукция, грунты, нефтепродукты и т.д., твердые и жидкие матрицы), измеряемых величин и применяемых методов измерений.

Даны рекомендации испытательным лабораториям по планированию и выполнению экспериментов с целью оценивания составляющей неопределенности, обусловленной пробоотбором, а также о целесообразности оценивания данной составляющей неопределенности для некоторых объектов испытаний и методов измерений.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СМК MAPLE ПРИ ВИВЧЕННІ
СТУДЕНТАМИ КУРСУ «ОЦІНКА ТОЧНОСТІ МЕТОДІВ
ВИМІРЮВАНЬ»

Мощенко І. О., Нікітенко О. М., Сергієнко М. П.
Харків, Україна

Keywords: *the uncertainty theory, the uncertainty budget, model equation, training, metrology students, CMS Maple, program UC (Uncertainty).*

Ключові слова: *теорія невизначеності, бюджет невизначеності, модельне рівняння, навчання, студенти-метрологи, СМК Maple, програма UC (Uncertainty).*

Анотація

У доповіді проаналізовано проблему вивчення студентами метрологічних та інших технічних спеціальностей, основ теорії невизначеності, розуміння співвідношення концепцій невизначеності та похибки, а також навичок практичного застосування методикою визначення невизначеності в рамках прагнення до міжнародної гармонізації та уніфікації оцінювання результатів вимірювань.

Результати оцінювання невизначеності за стандартною методикою можуть бути сублимовані у табличну форму, подану як бюджет невизначеності. Для обчислення показників, які становлять бюджет невизначеності, студенти повинні скласти модельне рівняння процесу, який досліджують, отримати числові значення для стандартних невизначеностей типів А і В, коефіцієнтів чутливості, сумарної стандартної невизначеності та наприкінці розширеної невизначеності. Ці розрахунки вимагають від студентів, а в майбутньому і від фахівців технічних спеціальностей, володіння високим рівнем математичної підготовки, а також багато зусиль та часу для розв'язання практичних завдань з оцінювання невизначеності під час вирішення конкретної інженерної задачі. Тому доцільним вбачається навчання студентів використанню систем комп'ютерної математики (СМК) для складання бюджету невизначеності вимірювань.

Основи роботи в СМК Maple викладають студентам-метрологам ХНУРЕ в рамках курсів «Моделювання на ЕОМ», «Спеціальні розділи вищої математики». Володіння навичками в роботі з СМК Maple дозволяє алгоритмізувати процес оцінювання невизначеності вимірювання. Авторами розроблено навчальну програму під назвою UC (Uncertainty), яка надає можливість отримувати результати для складання бюджету невизначеності за наявності модельного рівняння процесу та результатів вимірювань.

Таким чином, обґрунтовано доцільність та можливість застосування СМК Maple для вирішення завдань прикладної метрології з оцінювання невизначеності результатів вимірювання та важливість навчання студентів метрологічних та інших інженерно-технічних спеціальностей.

ОБ УЧАСТИИ ННЦ «ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ» В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНОМ ПРОЕКТЕ GEOMETRE

Неежмаков П. И., Купко В. С., Прокопов А. В., Панасенко Т. А., Шлома А. И.
Харьков, Украина

Keywords: EMPiR, precision distance measurements, Earth`s atmosphere.

Ключевые слова: EMPiR, высокоточные измерения расстояний, атмосфера Земли.

Аннотация

В рамках европейской программы метрологических исследований EMPiR выполняется проект 18 SIB01 GeoMetre «Large-scale dimensional measurements for geodesy». Информация о цели проекта (повышение точности измерений длины в геодезии), участниках проекта (представителях 15 научных организаций европейских стран, включая Украину – в лице ННЦ «Институт метрологии»), об основных задачах для каждого участника и о ходе работ представлена на сайте <https://www.ptb.de/empir2019/geometre>.

В настоящем докладе обсуждается вклад ННЦ «Институт метрологии» в выполнение работ данного проекта. К основным заданиям, запланированным для ННЦ «Институт метрологии», относится развитие методов учета влияния земной атмосферы на точность измерения больших длин, осуществляемых с помощью электромагнитных волн на околосемных трассах. Согласно плану будут: 1) обоснован и исследован новый градиентный метод определения среднеинтегрального показателя преломления воздуха n , причем в двух вариантах – а) при равномерном, б) при неравномерном размещении датчиков для определения локальных значений показателя преломления в дискретных точках измеряемой трассы; 2) обоснованы и экспериментально опробованы методики и процедуры для практической реализации градиентного метода на трассах длиной до 5 км, обеспечивающие неопределенность измерения длины не более 1 мм; 3) разработана оптимальная процедура применения градиентного метода на европейском эталонном базисе.

К настоящему времени завершаются работы 3-го этапа проекта, в рамках которых дано теоретическое обоснование градиентного метода, проведены численные эксперименты, подтвердившие его высокие точностные возможности: ожидаемая суммарная относительная неопределенность для n не превышает требуемой согласно проекту величины $5 \cdot 10^{-7} \cdot L^{-1}$ (где L – длина трассы в км).

**РОЗШИРЕНА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ
КАЛІБРУВАННІ ГИР**

Новосьолов О. А.
Кривий Ріг, Україна

Keywords: calibration and measurement capability, measurement uncertainty.

Ключові слова: калібрувальні та вимірювальні можливості, невизначеність вимірювань.

Анотація

Аналіз «Сфер акредитації» калібрувальних лабораторій, акредитованих Національним агентством з акредитації України на відповідність вимогам стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017, свідчить, що майже всі лабораторії визначили свої калібрувальні та вимірювальні можливості (далі – СМС) з калібрування гир на рівні $1/3$ від максимально допустимих похибок (далі – МДП) гир, які регламентовані у стандарті ДСТУ OIML R 111-1:2008 «Гирі класів точності E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 і M3. Частина 1. Загальні технічні вимоги та методи випробування».

Умова калібрування гир, зазначена у стандарті ДСТУ OIML R 111-1:2008 формулою (5.2-1), встановлює верхню межу розширеної невизначеності вимірювань, що не може бути більш ніж $1/3$ від МДП гир певного класу точності. Саме цю верхню границю розширеної невизначеності вимірювань при калібруванні гир і приймають як свою найкращу калібрувальну можливість більшість калібрувальних лабораторій.

У підсумку маємо дві невідповідності політиці ІЛАС-Р14:01/2013:

- 1) СМС калібрування гир розраховується не за методикою калібрування, а поділом МДП гирі відповідного класу точності на 3, і таким чином нівелюється саме поняття СМС калібрувальних лабораторій;
- 2) вказана у «Сертифікаті калібрування» гир розширена невизначеність вимірювань та відомість про те, як її отримано, не відповідає дійсності, що вводить в оману замовника послуг з калібрування та може призвести до невірної прийняття рішення про відповідність гир певному класу точності.

ABOUT A NEW CONCEPT DIAGRAM FOR THE MEASUREMENT PROCESS AND RELATED TERMS

ПРО НОВУ КОНЦЕПЦІЙНУ СХЕМУ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАННЯ ТА ПОВ'ЯЗАНІ ТЕРМІНИ

Pavese F.
Torino, Italy

Keywords: *measurement, concept diagram, metrological terms, systematic error, bias, prescriptive model, descriptive model.*

Ключові слова: *вимірювання, концепційна схема, метрологічні терміни, систематична похибка, зсув, приписуюча модель, описова модель.*

Abstract

It is since 2010 that a question has been placed concerning the existence of some inconsistencies in the international measurement standards in metrology, namely the Vocabulary of Metrology (VIM), at that time at its 2008 edition, and about the Guide for Uncertainty in Measurement (GUM). In particular, the author's analysis concerned the concepts related to the measurement process, namely about the need for a distinction between random and systematic effects, and between input quantities and corrections. At present, that analysis has brought to a new way to describe the structure of the measurement process, for which a modification is required of the present VIM (2012) Concept Diagram for «Measurement». According to the different method to classify random and systematic effect, and to build-up a measurement model starting from the prescriptive model a new Concept Diagram for the VIM Measurement Process is proposed. The paper, after a short illustration of the present VIM diagram, first summarized the differences between the measurement process in its traditional set of concepts and the new one (both concerning their meaning and their sequence or relationships). Then, the proposed new concept diagram is presented, in two forms, and the differences with the previous illustrated.

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ – ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОБЕРНЕНИХ
ЗАДАЧ

Повгородній В. О.
Харків, Україна

Keywords: *non-destructive testing, inverse problem, ultrasonic investigation, experiment error.*

Ключові слова: *неруйнівний контроль, обернена задача, ультразвукове дослідження, похибка експерименту.*

Анотація

У різних галузях науки та техніки з метою пізнання закономірностей роботи певного об'єкта або природного явища проводяться найрізноманітніші експерименти. Мета цих експериментів – виявлення основних закономірностей явища і формування на його основі певної математичної моделі. Дуже часто на практиці трапляються ситуації, коли об'єкт дослідження або недоступний для спостереження, або проведення такого експерименту коштує дорого, а відповідно, є економічно недоцільним. Прикладами можуть служити експерименти з вивчення внутрішньої будови Землі, на основі яких можна було б прогнозувати родовища корисних копалин, передбачати час і місце руйнівних землетрусів. Наприклад, глибина найглибших шахт, пробурених за допомогою найсучаснішого обладнання, не перевищує 20 км, а середній радіус Землі дорівнює 6371 км. Таким чином, для безпосереднього спостереження доступна лише приповерхнева частина Землі. При цьому необхідно робити висновок про властивості Землі (наприклад, про зміну її щільності з глибиною) за вимірними в ході експерименту непрямыми спостереженнями. Другий приклад – проблеми неруйнівного контролю виробів і конструкцій, коли потрібно виявити дефект (тріщину, порожнину) всередині працюючого об'єкта (літака, ракети, ядерного реактора, ротора турбіни тощо). Ще приклад – медичні дослідження, спрямовані на виявлення патологій внутрішніх органів людини.

Таким способом наразі є ультразвукове дослідження (УЗД), котре широко застосовується в медицині й дозволяє досить просто виявляти патології різних органів, а також використовується в техніці. У цьому випадку об'єкт дослідження також недоступний для безпосереднього вивчення. Ми судимо про структуру та розміри органів лише на основі непрямих даних вимірювань. Усі вище перераховані дослідження відносять до так званих обернених задач, що належать до галузі сучасної математики і фізики (діагностика плазми), яка зараз бурхливо розвивається. Питання невизначеності вимірювань при розв'язку обернених задач відіграють велику роль.

EVALUATION OF THE UNCERTAINTIES OF THE GEOMETRICAL PARAMETERS AND CAPACITY OF SPHERICAL AND CYLINDRICAL SURFACE BY 3-D COORDINATES ON ITS

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА МІСТКОСТІ СФЕРИЧНИХ І ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ПРОСТОРОВИМИ КООРДИНАТАМИ НА НИХ

Самойленко О. М.
Київ, Україна

Keywords: *surface, dimensional coordinates, least square method, approximation, covariance matrix.*

Ключові слова: *поверхня, просторові координати, метод найменших квадратів, апроксимація, коваріаційна матриця.*

Анотація

Для вимірювання просторових координат точок на різноманітних поверхнях застосовуються різноманітні трикоординатні вимірювальні машини, лазерні трекери, вимірювальні 3-D мікроскопи, геодезичні прилади – електронні тахеометри та лазерні 3-D сканери тощо. За результатами калібрування повинні бути відомі характеристики невизначеності координат, вимірюваних прямо чи опосередковано цими приладами. Завдання математично коректного визначення геометричних параметрів поверхонь за цими координатами та оцінювання невизначеності цих геометричних параметрів за невизначеностями вимірюваних координат завжди буде вельми актуальним. Геометричні параметри поверхонь умовно розділяються на параметри розмірів та форми поверхонь, їх просторового положення та просторового орієнтування. Наступним етапом може бути обчислення місткості, обмеженої цими поверхнями, площі їх поверхні тощо.

Викладено методику оцінювання геометричних параметрів поверхонь та їх невизначеності на прикладі апроксимації сферичних та циліндричних поверхонь за методом найменших квадратів (МНК) з урахуванням коваріаційної матриці координат точок, вимірюваних на поверхні. Методику побудовано таким чином, що невизначеність геометричних параметрів поверхні оцінюється з урахуванням невизначеності координат точок та їх кореляції, кількості точок, площі поверхні, яка покрита виміряними точками. Для строгого оцінювання за МНК невизначеності місткості фігури, обмеженої сферичними й циліндричними поверхнями та горизонтальною площиною, запропоновано застосовувати вагову функцію. Вона враховує кореляційні зв'язки, які виникають між геометричними параметрами поверхні під час апроксимації.

Запропонована методика широко застосовується під час визначення місткості вертикальних та горизонтальних циліндричних, а також сферичних резервуарів. Також застосовувалася під час визначення місткості дзвона установок для повірки лічильників текучого середовища.

КАЛИБРОВКА ГОРЛОВИН АВТОЦИСТЕРН

Семенюк Д. Ю.

Москва, Российская Федерация

Keywords: *calibration characteristic, measurement uncertainty.*

Ключевые слова: *калибровочная характеристика, неопределенность измерений.*

Аннотация

Автоцистерны используются в качестве средства транспортировки нефтепродуктов по автомобильным дорогам от одной точки хранения нефтепродукта к другой либо к точкам розничной торговли нефтепродуктами. Помимо функции транспортировки автоцистерны могут и выполнять измерительную функцию, и определять объем полного налива «по планку», при этом реализуется косвенный метод статических измерений массы нефтепродуктов.

В условиях температурного воздействия окружающей среды происходит сжатие или расширение транспортируемого продукта в автоцистерне, в результате чего информация об объеме, определенном «по планку», становится неинформативной для отгрузки продукта покупателю.

Наличие градуировочной характеристики на горловину у автоцистерн позволяет расширить их возможности и использовать их не просто как меры полной вместимости с указателем полного налива «по планку», но также проводить ими измерения объема на уровнях в окрестности планки.

Для составления градуировочной характеристики горловины автоцистерн предлагаются два метода калибровки: объемный и геометрический. Для составленных градуировочных характеристик проводится оценка неопределенности.

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КАЛІБРУВАННЯ ЕТАЛОННИХ
ЛІЧИЛЬНИКІВ МАЛИХ ТИПОРОЗМІРІВ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Середюк О. С.¹, Криницький О. С.¹, Ткачук В. В.¹, Жонса М.²

¹Івано-Франківськ, Україна

²Ополе, Республіка Польща

Keywords: gas meter, calibration, air, natural gas, reference meter, uncertainty.

Ключові слова: лічильник газу, калібрування, повітря, природний газ, еталонний лічильник, невизначеність.

Анотація

Наразі актуальною є проблема калібрування еталонних лічильників на малі витрати природного газу, які б забезпечували передавання одиниці об'єму природного газу до робочих засобів вимірювання, насамперед побутових лічильників, у діапазоні витрат від 0,016 до 4 м³/год. Створені в Україні еталонні установки забезпечують проведення метрологічних досліджень і калібрування лічильників газу (ЛГ) при суттєво більших витратах, понад 20 м³/год.

Нами розроблено новий методологічний підхід, який передбачає використання одного індивідуально каліброваного ЛГ на природному газі для калібрування набору паралельно встановлених ЛГ одного типорозміру. На базі проведеного аналізу метрологічних характеристик, насамперед границі допустимої похибки, повторюваності результатів вимірювань і стабільності метрологічних характеристик ЛГ малих типорозмірів, встановлено, що найбільшою мірою поставленим вимогам відповідають роторні ЛГ типорозмірів G1,6; G2,5; G4.

Калібрування ЛГ при побудові кривої похибок передбачає реалізацію такого вимірювального алгоритму:

$$V_E = \sum_{i=1}^n V_{ji} \cdot k_{ci} \cdot k_{pi} \cdot k_{Ti},$$

за умови, що

$$V_E = \sum_{i=1}^n V_{ji} \cdot k_{ci},$$

де V_E – об'єм, який відтворюється еталонним лічильником на природному газі за стандартних умов, V_{ji} – об'єм газу, який вимірюється i -тим каліброваним ЛГ на природному газі за робочих умов, k_{ci} – коефіцієнт приведення вимірюваного об'єму i -тим лічильником газу до стандартних умов, k_{pi} , k_{Ti} – поправкові коефіцієнти, що враховують поправки до вимірюваного об'єму газу, які визначені при калібруванні i -го ЛГ на повітрі й на природному газі відповідно.

Здійснено оцінювання невизначеностей типу А і В при калібруванні ЛГ на повітрі й природному газі, а також наведено алгоритм розрахунку сумарної невизначеності при калібруванні ЛГ, які можуть бути застосовані як еталонні. Такий підхід дозволить оцінювати метрологічні характеристики еталонних лічильників, що створить передумови для побудови еталонних установок для проведення метрологічних досліджень і повірки побутових лічильників на природному газі.

METROLOGICAL CONFIRMATION OF SUITABILITY OF MEASURING EQUIPMENT BASED ON CALIBRATION

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВАНИИ КАЛИБРОВКИ

Трищ Р. М.¹, Черняк Е. Н.¹, Гринченко А. С.¹, Каницкая И. В.²

¹Харьков, ²Николаев, Украина

Keywords: *technically valid results, uncertainty, error, accuracy, calibration.*

Ключевые слова: *достоверность, неопределенность, погрешность, точность, калибровка.*

Аннотация

В редакции стандарта ISO/IEC 17025:2017 (2017 г.) определены требования к оборудованию для измерения, которое должно обеспечивать точность и/или неопределенность измерения, необходимые для обеспечения достоверности результата. То есть средства измерительной техники (СИТ) имеют не только неопределенность измерений, но и погрешность. Также в стандарте уточнено требование к необходимости калибровки измерительного оборудования. Так, например, СИТ должны быть калиброванные, если точность или неопределенность измерения влияет на достоверность полученных результатов, и/или калибровка оборудования необходима для установления метрологической прослеживаемости полученных результатов.

В новой редакции осталось требование к метрологической прослеживаемости, а именно: «Лаборатория должна установить и поддерживать метрологическую прослеживаемость результатов измерений с помощью задокументированной неразрывной цепи калибровок, каждый из которых вносит свой вклад в неопределенность измерения, связывая их с соответствующим стандартом». Согласно Закону Украины «О метрологии и метрологической деятельности», обеспечение единства измерений обуславливает наличие погрешности или неопределенности измерений, которые известны с определенной вероятностью и не выходят за установленные границы. В нормативно-правовых актах и нормативных документах, как на общие метрологические требования, так и на конкретную продукцию устанавливаются требования к погрешностям измерений. А вот с неопределенностью измерений в основном встречались научные метрологические центры и аккредитованные испытательные и калибровочные лаборатории. Поэтому актуально еще раз обратиться к вопросу метрологического подтверждения пригодности средств измерительной техники на основании результатов калибровки СИТ.

UNCERTAINTY OF MANOMETRIC METHOD FOR DETERMINING THE HUMIDITY OF FIBROUS MATERIALS

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хакимов О. Ш., Муминов Н. Ш., Хамидов Ж. А.
Ташкент, Узбекистан

Keywords: *uncertainty, gauge method, humidity, fibrous material, bellows type vessel, measurement model, temperature, pressure.*

Ключевые слова: *неопределенность, манометрический метод, влажность, волокнистый материал, сосуд сифонного типа, модель измерения, температура, давление.*

Аннотация

Приведены основные результаты оценивания неопределенности манометрического метода определения влажности волокнистых материалов. Этот метод реализован установкой, одним из основных элементов которой являются сосуды (два) переменной емкости (сифонного типа), установленные коаксиально, закрепленные на одном основании и имеющие общую крышку. Математическая модель (модель измерения) двухкамерного манометрического метода представляет собой зависимость влажности волокнистых материалов от молярной массы воды; плотности волокнистых материалов после сушки; универсальной газовой постоянной; абсолютной температуры сушки; давления в сосудах с пробой исследуемого материала и без пробы, после расширения сосудов; общего давления в сосудах после их объединения; объема сосуда переменной емкости (сифонного типа) с пробой исследуемого волокнистого материала, сжатого до минимального объема, и после их расширения.

Поскольку двухкамерный манометрический метод определения влажности волокнистых материалов является косвенным, необходимо было обосновать и выбрать один из методов определения результатов измерений и оценивания их неопределенности – метод линеаризации или метод приведения. С этой целью оценены степени корреляции между стандартными неопределенностями аргументов (входных величин), пренебрежимости остаточного члена разложения нелинейной функции в ряд Тейлора.

Оценены и проанализированы влияния стандартных неопределенностей входных величин в стандартную неопределенность измерения влажности волокнистых материалов манометрическим методом. Предоставлены результаты сравнения неопределенности измерения влажности волокнистых материалов стандартным (гравиметрическим) и манометрическим методами.

DEVELOPING UNSUPERVISED ENSEMBLE LEARNING METHOD FOR DETECTING ANOMALIES OF COMPUTER SYSTEMS

РОЗРОБКА НЕКЕРОВАНОГО МЕТОДУ НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АНОМАЛІЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Sheverdin I., Gavrylenko S.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: *computer system, anomalous state, machine learning, unsupervised ensemble learning, operating system events.*

Ключові слова: *комп'ютерна система, аномальний стан, машинне навчання, ансамблеве навчання без нагляду, події операційної системи.*

Abstract

The subject of this report is the exploration of machine learning technology for identifying the anomalous status of a computer system.

The purpose of the report is development of unsupervised anomaly detection method for classifying a computer system anomalous state based on ensemble methods.

Tasks: To provide datasets with MS Windows operation system events for different operations, programs and viruses. To conduct data cleaning, data curation, removal redundant features, etc. To obtain pre-processed dataset for classification. To develop an algorithm of detecting anomalies of computer systems without a teacher based on univariate/multivariate anomaly detection approach using Isolation Forest and K-Nearest Neighbors algorithms. To create a report based on anomaly scores and distributions.

The following results were obtained: the methods of identifying the computer systems anomalous state based on ensemble method without teacher were investigated and used, namely, Isolation Forest and K-Nearest Neighbors algorithms to identify a computer system anomalous state. The univariate and multivariate approaches were developed. Anomalies scoring and highlighting was made and visually investigated for each observation. The effectiveness of the developed techniques was evaluated.

Conclusions. The developed methods effectively identify abnormal events and processes in the computer system. By efficiency, we mean the ability to quickly analyze system without signature analysis and adaptability during a program environment change. Modern antivirus products have an issue – it needs update program/database and time on it respectively. Our goal is to build a completely autonomous computer state analysis method that can be used in antivirus programs and related ones.

СПОСОБИ УРАХУВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ПОБУДОВІ
ЛІНГВІСТИЧНИХ ШКАЛ

Яремчук Н. А., Семенюк Р. С.
Київ, Україна

Keywords: *measurement uncertainty, linguistic scale, metric classification.*

Ключові слова: *невизначеність вимірювання, лінгвістична шкала, метрична класифікація.*

Анотація

Наведено основні аспекти проблеми побудови лінгвістичних шкал при застосуванні метричної класифікації в інтелектуальних вимірювальних системах.

Показано, що при встановленні лінгвістичних шкал необхідно враховувати такі складові невизначеності: невизначеність від нечіткості семантичного правила, за яким визначаються границі терм-множини лінгвістичної змінної, невизначеність від неповної ідентифікації об'єкта вимірювання (дефініційна невизначеність); невизначеність від нестабільності латентного параметра, що підлягає вимірюванню; інструментальна невизначеність. Наведено приклади оцінювання наведених вище складових невизначеності в реальних вимірювальних системах.

Встановлено, що при побудові лінгвістичних шкал може бути використано два способи врахування невизначеності, що відповідають у свою чергу двом алгоритмам роботи нечіткого класифікатора. Перший спосіб полягає в тому, що складові невизначеності, які стосуються шкали й об'єкта вимірювання, використовуються для побудови шкали, а інструментальна складова невизначеності використовується в оформленні результату вимірювання як нечіткого числа. Другий спосіб полягає в знаходженні сумарної невизначеності за всіма складовими і її врахуванні при побудові лінгвістичної шкали. Найчастіше для вирішення подібної задачі використовують нечіткий додаток до пакету MatLab, за яким визначають саме активовані класи еквівалентності, функції приналежності яких модифікують відповідно до максимуму та мінімуму перерізу. Тому авторами доповіді було обрано другий спосіб врахування невизначеності й проаналізовано зв'язок між індексом нечіткості функцій приналежності окремих термів лінгвістичної змінної та сумарною невизначеністю. Результати дослідження наведено в доповіді.

Тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції
«МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА»
(МЕТРОЛОГІЯ – 2020)

Відп. за випуск С. В. Білоусова
Комп'ютерна верстка і дизайн К. П. Романадзе

Підписано до друку 25.09.2020 р.
Формат 60x84/16. Цифровий друк.
Тираж 200 примірників

Надруковано у видавництві ННЦ «Інститут метрології»,
вул. Мироносицька, 42, м. Харків, 61002, Україна
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців серія ДК № 5944 від 15.01.2018 р.
© ННЦ «Інститут метрології»
Харків, 2020