



Національний науковий центр
«Інститут метрології»

XI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ



Метрологія та вимірювальна техніка

9, 10 та 11 жовтня 2018 року

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Еволюція Міжнародної системи одиниць <i>Неєжмаков П. І.</i>	17
Current state and prospects of high-precision absolute gravimetry using ultracold atoms <i>Yatsenko L., Neyezhnikov P.</i>	18
Metrology for additive manufacturing in Ukraine <i>Skliarov V., Neyezhnikov P., Prokopov O.</i>	19

СЕКЦІЯ 1.

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

Застосування сучасного програмного забезпечення для вирішення задач побудови еталонних систем <i>Склярів В. В., Неєжмаков П. І.</i>	20
Застосування інформаційно-вимірювальних систем для дослідження якості процесу функціонування консорційних екотонів захисного типу <i>Руда М. В., Бубела Т. З.</i>	21
Сучасний стан і розвиток еталонів акустичних величин в Україні <i>Паракуда В. В., Дувіряк Д. В., Шпак О. В.</i>	23
Розвиток еталона одиниці звукового тиску у повітряному середовищі <i>Костерів О. О.</i>	24
Створення еталонної бази вимірювання одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі <i>Кізілівський І. Г.</i>	26
Створення еталона одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі <i>Дувіряк Д. В., Шпак О. В.</i>	27
Ультразвукові перетворювачі <i>Коваленко А.</i>	28

Выбор алгоритма валидации методики выполнения измерений тяги ракетных двигателей на твердом топливе <i>Волошина М. А., Ерес Л. А., Курако И. М.</i>	30
Математическое моделирование процессов измерений <i>Сахнюк И. А.</i>	31
Використання принципів та процедур координації для складних динамічних систем <i>Кондрашов С. І., Дроздова Т. В.</i>	33
Аналіз взаємного впливу каналів у радіотехнічній інформаційно-вимірювальній системі <i>Бархударян М. В., Чумак Б. О.</i>	34
Застосування методу адаптивної віртуальної «катастрофи» у високоточних вимірюваннях <i>Мельник С. І., Мельник С. С.</i>	35
Свобода вибору як об'єкт вимірювань у класичній та квантовій фізиці <i>Мельник С. І., Тулузов І. Г.</i>	36
Розробка метрологічного і приладового забезпечення системи дослідження і контролю фізико-механічних характеристик матеріалів, виробів і конструкцій ультразвуковим імпульсним методом <i>Серіков Я. О.</i>	37
Метрологічні аспекти забезпечення простежуваності вимірювань у новій версії ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 <i>Лукашева Т. В., Стрілець В. О.</i>	39
Методика вимірювання швидкостей поширення поздовжньої та поперечної УЗ-хвиль імерсійним методом у твердих тілах <i>Мащенко В. А., Купко В. С.</i>	40
Вирішення метрологічних задач термометрії методами комп'ютерного моделювання <i>Склярів В. В.</i>	41
Цифровий сертифікат калібрування <i>Півненко С. М.</i>	42
Комутаційна спроможність фізичних величин у метрологічному забезпеченні виробництва <i>Луцький С. В., Руженцев І. В.</i>	43

СЕКЦІЯ 2. ЗАКОНОДАВЧА МЕТРОЛОГІЯ ТА МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

The proposal of the method for assessment of risk for SW in metrological instruments <i>Koval M., Grasso Toro F., Esche M.</i>	44
Менеджмент метрологічними ризиками <i>Береговой А. А., Ерес Л. А., Петренко Ю. Н.</i>	45
Щодо деяких аспектів калібрування та повірки <i>Колбасін О. І.</i>	46
Серия стандартов ДСТУ EN 1434 «Теплосчётчики» как доказательная база технического регламента средств измерительной техники <i>Зайцева Е. А., Чередниченко С. В., Грищенко Е. Н.</i>	47
Деякі проблеми науково-технічного перекладу нормативної документації <i>Колбасін О. І., Маслова Н. М.</i>	48
Перевірка кваліфікації лабораторій в Україні <i>Коржов І. М.</i>	49
Определение поглощенной акустической энергии в растворах поваренной соли и хлорида натрия <i>Юрченко О. И., Черножук Т. В., Бакланова Л. В., Бакланов А. Н.</i>	50
Внутрішньолабораторний контроль якості результатів калібрування <i>Васильєва В. Г., Примакова Г. А., Домненко Л. М., Меженський А. О.</i> ...	51
Distributed ledger technology in the European Metrology Cloud <i>Peters D., Yurchenko A., Wetzlich J., Dohlus M., Thiel F.</i>	52
Основні досягнення України на міжнародній метрологічній арені <i>Несжмаков П. І., Буняєва Ю. Ю.</i>	53
Розширення поняття вимірювання на сферу нефізичних величин, зокрема на якість послуг <i>Ярмолюк О., Гоц Н. Є.</i>	54

СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ ВЕЛИЧИНИ

Нова SI: перевизначення ампера і перебудова системи еталонів електричних одиниць <i>Павленко Ю. Ф., Васильєва О. М., Маслова Н. М.</i>	56
---	----

Основні проблеми створення еталона напруженості електромагнітного поля <i>Васильєва О. М.</i>	57
Дослідження системи зберігання еталона електричного опору <i>Анікін В. В., Колбасін О. І., Маслова Н. М., Коробчанська О. І., Семенченко В. С.</i>	58
Експериментальні дослідження розподілу електромагнітного поля в камері GTEM-1500 <i>Макаров О. В., Васильєва О. М., Міценін М. О.</i>	59
Реализация метода трех антенн при определении эффективной площади эталонных антенн национального эталона единицы плотности потока энергии НЭ РБ 26-15 <i>Вольнец А. С.</i>	60
Измерение характеристик защитных экранов микроволнового излучения, использующих тонкие проводящие волокна <i>Кокодий Н. Г.</i>	62
Малогабаритний дводіодний суматор потужності на основі планарного діелектричного резонатора <i>Козут О. Є., Кузмичев І. К., Еременко З. Є., Доля Р. В., Васильєва О. М.</i>	63
Стабілізація частоти генератора Ганна планарним діелектричним резонатором <i>Козут О. Є., Кузмичев І. К., Еременко З. Є., Доля Р. В., Васильєва О. М.</i>	64
Метрологічне забезпечення радіометричного комплексу <i>Вінніченко С. О., Биков С. М., Неварікаша Ю. І.</i>	65
Особливості калібрування ватметрів надвисоких частот <i>Неварікаша Ю. І.</i>	66
Перспектива модернізації державного еталона напруги змінного струму в діапазоні від 30 до 1000 МГц <i>Лагутін Є. Ю.</i>	67
Підвищення ефективності метрологічних робіт за рахунок застосування програмного забезпечення MET/CAL © Plus V.7 <i>Терещенко М. В.</i>	68
Система автоматизації нового еталона одиниці девіації частоти <i>Огар В. І., Парог Р. М.</i>	69
Нові можливості побудови еталонів модульованих радіосигналів <i>Павленко Ю. Ф., Огар В. І., Кириєнко С. Р.</i>	70

Вимірювання коефіцієнта АМ за допомогою осцилографа <i>Колбасін О. І.</i>	71
Моделювання методу електронно-лічильного частотоміра <i>Колбасін О. І.</i>	72
Проблеми проведення оцінки відповідності високотехнологічної медичинської апаратури <i>Коробчанська О. І., Васильєва О. М., Сухін В. С.</i>	73
Деякі особливості застосування ДТУ EN 50470-3 при проведенні випробувань лічильників електричної енергії <i>Шевченко В. І., Маслова Н. М.</i>	74
Експериментальні дослідження розподілу електромагнітного поля у електро- та гібридних автомобілів <i>Макаров О. В., Васильєва О. М., Бажинів О. В., Кравцов М. М.</i>	75

СЕКЦІЯ 4. ПРОСТІР І ЧАС

Особливості модернізації національної системи синхронізації часу в умовах зростання вимог до якості синхронізації в мобільному зв'язку та енергетиці <i>Матвієнко М. В., Гайдаманчук В. А.</i>	76
Конструкція сучасних абсолютних гравіметрів на основі атомних інтерферометрів із холодними атомами та перспективи їх створення в Україні <i>Негрійко А. М., Неєжмаков П. І., Яценко Л. П., Вінніченко О. І.</i>	77
Можливості побудови томографічних вимірювань стану атмосфери на основі сигналів геостационарних супутників <i>Мельник С. І., Миценко І. М.</i>	78
Результати звірень державних первинних еталонів одиниць часу та частоти за допомогою NTP-серверів <i>Корецький Е. А.</i>	79
Дослідження можливостей дистанційного калібрування стандартів частоти за допомогою GPS-приймачів <i>Корецький Е. А.</i>	80
Результати метрологічних досліджень державного первинного еталона одиниць часу і частоти за 2017 рік <i>Корецький Е. А., Міхєєв О. А., Толста Г. О., Парог Р. М.</i>	81

Концепція розвитку військового сегменту служби єдиного часу та еталонних частот <i>Корецький Е. А., Гаврилов А. Б.</i>	82
Удосконалення державного первинного еталона одиниць часу і частоти <i>Корецький Е. А.</i>	83
Дослідження впливу нав'язаного сигналу на функціонування приймачів ГНСС часової синхронізації <i>Корецький Е. А., Нарєжній О. П., Гаврилов А. Б., Світенко М. І., Троцько М. Л.</i>	84
Формирование физической шкалы времени UTC (UA), исследование метрологических характеристик частотного синтезатора и генератора физической шкалы <i>Рарог Р. Н., Гричанюк А. М.</i>	85
Разработка мобильного хранителя времени рубидиевого с внешней синхронизацией от государственного первичного эталона единиц времени и частоты <i>Рарог Р. Н., Свитенко Н. И., Троцько М. Л.</i>	86
Исследование точности передачи шкалы времени от государственного первичного эталона к вторичному эталону по протоколу синхронизации RTP <i>Рарог Р. Н.</i>	87
Помехоустойчивая обработка сигналов в баллистическом лазерном гравиметре с симметричным способом измерения ускорения свободного падения <i>Омельченко А. В., Болюх В. Ф., Винниченко А. И., Купко В. С.</i>	88
Аналіз точності градієнтного методу визначення середньоінтегрального показника заломлення повітря <i>Неежмаков П. І., Прокопов О. В.</i>	89
Системні рефракційні ефекти при вимірюваннях, що здійснюються за допомогою електромагнітних хвиль на трансатмосферних трасах <i>Прокопов О. В.</i>	90
Магнитные поля рассеяния электромеханической катапульты баллистического лазерного гравиметра при использовании якорей различного типа <i>Болюх В. Ф., Неежмаков П. И., Винниченко А. И.</i>	91

Функціонування та перспективи розвитку державного первинного еталона одиниць часу і частоти <i>Солдатов В. В., Корецький Е. А., Купко В. С.</i>	92
Використання даних перманентних станцій для вдосконалення методики застосування прикладних програм ГНСС <i>Занімонський Є. М., Купко В. С., Олійник А. Є., Цисак Я.</i>	93
Метод вимірювання відстані між об'єктами за допомогою цифрового частотоміра миттєвих значень <i>Дуднік А. С.</i>	94
Метод идентификации параметров криволинейных поверхностей при вихретоковом контроле <i>Тюпа С. Ю., Тюпа И. В., Салам Бусси</i>	95
Аналіз дефектів, що утворюються при адитивному виробництві (АВ), і можливостей сучасного неруйнівного контролю (НК) для їх виявлення <i>Шлома А. І.</i>	96
Довговічність складних технічних конструкцій при багатоцикловій та малоцикловій втомі <i>Кузьмич Л. В., Квасніков В. П., Сковородкіна Ю. М.</i>	97

СЕКЦІЯ 5.

МАСА І ПОВ'ЯЗАНІ З НЕЮ ВЕЛИЧИНИ. ВИТРАТОМЕТРІЯ

Особливості зважування дорожніх транспортних засобів у русі <i>Гут Т. П., Микійчук М. М.</i>	98
Электромагнитный преобразователь для контроля механических напряжений в цилиндрических образцах <i>Горкунов Б. М., Львов С. Г., Салиба А. Н., Тополов И. И.</i>	99
Ідентифікація нелінійного інерційного вимірювального каналу тиску <i>Полярус О. В., Коваль О. А., Поляков Є. О., Бровко Я. С., Янушкевич С. Д.</i>	100
Государственный первичный эталон единицы давления для избыточного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^7$ до $4 \cdot 10^8$ Па <i>Зувев А. В.</i>	101
Усовершенствование государственного первичного эталона единицы давления для абсолютных давлений <i>Любецкий С. Г.</i>	102

Исследования влияния водорода на физические свойства природного газа и метрологические характеристики систем его учета <i>Стеценко А. А., Недзельский С. Д., Науменко В. А.</i>	103
Калибровка ламинарного расходомера <i>Тонконогас А., Тонконогий Ю., Станкявичюс А.</i>	104
Еталонний густиномір природного газу <i>Петришин І. С., Бас О. А., Присяжнюк Л. О.</i>	106
Динамическая погрешность чашечного анемометра <i>Тонконогий Ю., Тонконогас А., Станкявичюс А.</i>	107
Метрологічне забезпечення технологічного процесу зберігання нафтопродуктів у стаціонарних резервуарах <i>Лазаренко Н. С., Микийчук М. М.</i>	109
Новые подходы к учёту нефти и нефтепродуктов в Украине <i>Народницький Г. Ю., Неєрмаков П. И.</i>	110

СЕКЦІЯ 6. ФОТОМЕТРІЯ ТА РАДІОМЕТРІЯ

Создание национального эталона единиц средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения Республики Беларусь <i>Длугунович В. А., Исаевич А. В., Круплевич Е. А., Насенник Л. Н.</i>	111
Гониометрический комплекс для исследования оптических характеристик излучения люминесцирующих структур <i>Никоненко С. В., Прислопский С. Я., Станкевич В. В.</i>	112
Референсные светодиодные источники излучения для ультрафиолетовых диапазонов спектра СИЕ В и С <i>Никоненко С. В., Луценко Е. В., Данильчик А. В.</i>	113
High power led based standard lamps for luminous flux and luminous intensity <i>Scums D., Eroshenko B.</i>	114
Вдосконалення фотометрів і методів вимірювання розподілу інтенсивності випромінювання <i>Ляшенко О. М., Неєрмаков П. І., Тимофєєв С. П., Балабан В. М., Литвиненко А. С.</i>	116

Вдосконалення засобів дозиметричного контролю лазерного випромінювання <i>Тимофєєв С. П., Литвиненко А. С., Ляшенко О. М.</i>	117
Вимірювання фотобіологічних показників випромінювання джерел світла <i>Пітяков О. С.</i>	118
Математичний метод прогнозування корельованої колірної температури білих світлодіодів на основі колориметричних досліджень люмінофорів <i>Хміль Д. М., Камуз О. М., Сорокін В. М.</i>	119
Світлодіодні освітлювальні системи: статистика випробувань, методи та засоби вимірювання пульсацій освітленості <i>Калустова Д. О., Корнага В. І., Олійник О. С., Пекур Д. В., Рибалочка А. В., Сорокін В. М.</i>	120
Комп'ютерне моделювання та експериментальне дослідження двофазної системи охолодження для світлодіодного світильника типу «бра» <i>Пекур Д. В., Ніколаєнко Ю. Є., Сорокін В. М., Баранюк О. В., Калустова Д. О., Рибалочка А. В.</i>	121
Щодо оцінювання вимог до меж припустимої невизначеності вимірювань координат кольорів Державного Прапора України <i>Говорова К. В., Неєрмаков П. І., Івков А. Г.</i>	122
Примеркова (мезопічна) фотометрія і освітлення <i>Діденко О. М., Назаренко Л. А.</i>	123
Новітні метрики в фотометрії та колориметрії <i>Назаренко Л. А.</i>	124
Дослідження теплових режимів та спектральних характеристик зразків світлодіодного світильника <i>Колесник А. І., Усіченко Д. О.</i>	125
Спектральні і фотометричні методи контролю параметрів світлодіодних світильників <i>Усіченко Д. О., Колесник А. І.</i>	127
Модель декількох точкових джерел світла <i>Тереценко В. В., Купко О. Д., Балабан В. М.</i>	129
Вимоги до дослідження електричних характеристик сонячних елементів <i>Тереценко В. В., Губенко Д.</i>	130
Сучасні тенденції визначення одиниці сили світла <i>Неєрмаков П. І., Тереценко В. В.</i>	131

Метод визначення якості передавання кольору екранів <i>Купко О. Д.</i>	132
Визначення впливу кутової чутливості сонячних елементів для прогнозування продуктивності сонячних модулів <i>Бондаренко Л. І., Терещенко В. В.</i>	133
Питання фотобіологічної безпеки світлодіодних джерел світла <i>Терещенко В. В., Колеснік О.</i>	134
Методи оцінки кольоропередачі джерел світла <i>Білик О. В., Назаренко Л. А.</i>	135
Бутстреп-процедура контролю робастности фотометрического метода эллипсометрии <i>Дегтярев А. В., Дубинин Н. Н., Маслов В. А., Мунтян К. И.</i>	136
Создание национального эталона единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности энергетической освещенности и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм <i>Длугунович В. А., Ждановский В. А., Никоненко С. В., Беляев Ю. В., Цикман И. М., Скумс Д. В., Тарасова О. Б.</i>	137
Метрологічний комплекс для перевірки і градування оптоелектронних приладів, чутливих в інфрачервоному діапазоні <i>Добровольський Ю. Г., Шабашкевич Б. Г.</i>	138
Измерение показателя преломления пористых материалов в терагерцевом и СВЧ-диапазонах <i>Белоус Р. И., Вовнюк М. В., Дахов Н. Ф., Дегтярев А. В., Дзюбенко М. И., Радионов В. П., Скуратовский И. Г., Хазов О. И., Шахова А. С.</i>	139
Архітектурний освітлювальний дизайн <i>Кононенко Г. Ю., Назаренко Л. А.</i>	140
Вдосконалення розрахункових методів визначення кількісних характеристик світлотехнічних установок <i>Ляшенко О. М.</i>	141
Впровадження в Україні стандартів на методи випробувань світлотехнічної продукції <i>Кожушко Г. М., Шпак С. В.</i>	142

СЕКЦІЯ 7. ТЕРМОМЕТРІЯ

Методика измерений динамики температурных полей человека <i>Кипоренко П. В., Гордиенко Э. Ю., Фоменко Ю. В., Шустакова Г. В.</i>	144
Засоби та методики вимірювання терморадіаційних характеристик поверхонь <i>Воробійов Л. Й., Декуша Л. В., Декуша О. Л., Ковтун С. І., Иванов С. О.</i> ..	145
Метод динамічної фільтрації поверхневих артефактів у задачах термографії <i>Мельник С. І., Мельник С. С., Тулузов І. Г.</i>	146
Characterisation of the small chamber for usage of humidity calibration and investigation of the selected sensors <i>Kolaveri I. (Spahiu), Rudolfová M., Hrušková T., Strnad R.</i>	147
Обеспечение единства измерений в области инфракрасных измерений для бесконтактной термометрии <i>Пушкарев В. Г.</i>	148
Метрологічне забезпечення температурних вимірювань вимірювальних систем у робочих умовах експлуатації <i>Сулима О. С.</i>	149
Сравнительный анализ метрологических характеристик термометров сопротивления платиновых эталонных <i>Иванова Е. П., Гаркуша В. В., Филь С. В.</i>	150

СЕКЦІЯ 8. ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Метрологічне забезпечення вимірювань параметрів іонізуючого випромінювання <i>Лазаренко С. Л., Яцишин С. П.</i>	151
Напрямки розвитку метрологічного забезпечення індивідуального дозиметричного контролю <i>Берестов Р. В., Гоц Н. Є.</i>	152
Прецизионность измерения светового выхода сцинтилляторов <i>Гринев Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленская О. В., Любинский В. Р., Мицай Л. И., Молчанова Н. И., Тарасов В. А.</i>	151

НПП «АтомКомплекcПрибор» – производитель СИТ в области
ионизирующих излучений
Казимиров А. С., Гришин С. Н. 154

Нормирование и контроль газоаerosольных выбросов на АЭС
Коваленко Г. Д., Летучий А. Н., Пустовой А. С. 155

СЕМІНАР.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ: НАУКОВІ, ПРИКЛАДНІ, НОРМАТИВНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ (UM–2018)

Approximate Bayesian evaluations of measurement uncertainty
Bodnar O., Possolo A. 156

Estimation of uncertainty measurement of parameters of the external
magnetic field of technical means
Degtiarov O., Alrawashdeh Raqi..... 157

Evaluating uncertainty of unbalance measurement during calibration of
measure of power quality parameters
Isaiev V., Melnyk O. 158

Modeling in measurement science: from the prescriptive model
to the descriptive model for practical implementation of the former
Franco Pavese 159

Is the revision of the SI «Getting ahead of itself»?
Franco Pavese 160

Evaluation of uncertainty of measurements in an inverse problem for
nonlinear inertion measuring systems
Poliarus O., Poliakov E., Brovko Ja., Ianushkevych S. 161

The validation of the optical research methods in software and hardware
environments
Saukova Y. 162

The simulator of Monte Carlo method for the practice in medical
laboratories
Saukova Y., Zlobina U., Kuleshova A. 164

Features of the processing of results and estimation of measurement
uncertainty of inter-laboratory comparison for calibration laboratories
Velychko O., Gordiyenko T. 166

Types of software testing according to metrics in quality model ISO 9126
Zarharova O. 167

Анализ неопределенности измерения при ультразвуковой диагностике
состояния щитовидной железы
Витвицкая Л. А., Лаврук Х. З., Воевода О. Р. 168

Оценка неопределенности результатов измерений ультразвуковых
преобразователей расхода газа
Владимирова Т. М. 169

Анализ неопределенности при многопараметровом вихретоковом
контроле металлических цилиндрических изделий
Горкунов Б. М., Борисенко Е. А., Шибан Тамер..... 171

Об установлении интервалов между калибровками средств измерений
Данилов А. А., Спутнова Д. В. 173

Оцінювання невизначеності титру вірусу для методу гемаглютинації
Єременко В. С., Мокійчук В. М...... 175

Анализ влияющих факторов при обосновании уравнения
динамических измерений
Захаров И. П., Сергиенко М. П. 177

Закон распространения расширенной неопределенности
Захаров И. П., Боцюра О. А. 179

Визначення ймовірності відповідності засобу вимірювальної техніки
вимогам технічної документації
Захаров І. П., Неєжмаков П. І., Боцюра О. А. 180

Провайдер проверки квалификации ГП «Харьковстандартметрология»
Коржов И. М. 181

Использование неопределенности измерений для оценки
методической погрешности метода испытаний
Коробко А. И. 182

Исследование прибора для измерения влажности сыпучих материалов
Кошевой Н. Д., Беляева А. А. 184

Дослідження впливу обчислювальних компонентів на похибки
результатів вимірювань
Кричевець О. М. 186

Решение сложных измерительных задач методами нелинейной
метрологии
Курской Ю. С., Гнатенко А. С., Сивни В. Б. 187

Концепция неопределенности и теория погрешностей: философия и математика <i>Левин С. Ф.</i>	188
Измерительная задача калибровки средства измерений <i>Левин С. Ф.</i>	189
Оцінка похибок динамічних нейронних мереж у вимірювальних системах <i>Лейт Ахмед Мустафа Аль Раваидех, Руженцев І. В.</i>	190
Результаты досліджень невизначеності антенних вимірювань <i>Макаров О. В., Васильєва О. М.</i>	191
Метрологические требования по ISO/IEC 17025:2017 <i>Малецкая О. Е.</i>	192
Калибровка прецизионных мер частоты <i>Мещеряк О. О., Величко О. Н., Шевкун С. Н., Добролюбова М. В.</i>	194
Анализ различных подходов по оцениванию неопределенности измерений в аналитической химии <i>Миранович-Качур С. А., Ефремова Н. Ю., Гайдук М. В.</i>	196
К вопросу формирования «Сферы аккредитации» калибровочной лаборатории <i>Новосёлов О. А.</i>	198
Неопределенность измерения физико-химических показателей качества подсолнечного масла <i>Папченко В. Ю., Чунихина Т. В., Григорова Л. И., Матвеева Т. В.</i>	200
Уменьшение неопределенности измерений автоматизированных систем контроля энергетических ресурсов при их оценке соответствия <i>Петришин И. С., Бас А. А., Присяжнюк Л. А.</i>	201
Об оценке неопределенности при измерении отклонения формы машиностроительных деталей <i>Радев Х. К., Богев В. И., Василев В. А.</i>	203
Неопределенность измерения отклонения формы плоских поверхностей методом опорной плоскости <i>Радев Х. К., Дяков Д. И., Николова Х. Н., Василев В. А.</i>	204
Вплив невизначеності вимірювань на ризики виробника і споживача при двофакторній контрольно-вимірювальній процедурі <i>Ружин П. О., Пацера С. Т., Дербаба В. А., Корсун В. І.</i>	205

Способы определения терм-множества лингвистической переменной за неопределенностью измерений <i>Семенюк Р. С.</i>	206
Дослідження невизначеності побутових лічильників газу за максимальних витрат із застосуванням статистичних методів <i>Середюк О. Є., Лютенко Т. В., Винничук А. Г.</i>	208
Розрахунок та дослідження додаткових коефіцієнтів чутливості при складанні бюджету невизначеності <i>Склярів В. В.</i>	209
Оценивание неопределенности измерений при международных сличениях измерений зубчатых колес с эвольвентным профилем <i>Сковородкина Ю. Н.</i>	210
Определение поправок на нестабильность средств измерений (СИ) <i>Спутнова Д. В.</i>	211
Оцінювання невизначеності результатів метрологічних атестацій польових еталонів технологією ГНСС <i>Тревого І. С., Цюпак І. М.</i>	212
Неопределенность акустических характеристик ориентированных полимеров, оцененных в неравновесном состоянии <i>Хакимов О. Ш., Даминов А. А., Курбанов Н. А., Юнусов М. Р., Носиров Ж. С.</i>	213
Организация и проведение сличений калибровочных лабораторий <i>Чуновкина А. Г.</i>	214
Експериментальні дослідження термокондуктометричного методу для оцінки теплоти згоряння природного газу <i>Шинкарук Х. М., Чеховський С. А.</i>	215
Оценка неопределенности результатов измерений кондуктивного паразитного излучения <i>Штефан И. Ю., Штефан Н. В.</i>	217
Анализ способов получения стандартной неопределенности выборочной медианы <i>Яремчук Н. А., Годя О. Ю., Скрипий А. Ю.</i>	219

ЕВОЛЮЦІЯ МІЖНАРОДНОЇ СИСТЕМИ ОДИНИЦЬ

Несєжмаков П. І.
Харків, Україна

Keywords: International System of Units, redefinition of the SI base units, fundamental physical constant, CODATA.

Ключові слова: Міжнародна система одиниць, перевизначення основних одиниць SI, фундаментальні фізичні константи, CODATA.

Анотація

У 1875 р. було підписано Метричну конвенцію, якою на міжнародному рівні було визнано метричну систему мір. Україна приєдналася до Метричної конвенції у 2018 р. Метрична система мір не була системою одиниць у тому сенсі, якого надають цьому поняттю нині. У метричну систему мір входили одиниці дуже обмеженого числа величин – довжини, маси, площі, об'єму і місткості. У 1960 р. на XI CGPM метрична система отримала подальший розвиток – було прийнято Міжнародну систему одиниць (Système International d'Unités) – SI. Основними одиницями в ній стали метр, кілограм, секунда, ампер, градус Кельвіна і кандела. У 1971 р. на XIV CGPM було прийнято нову одиницю – моль – як одиницю кількості речовини. Це завершило створення сучасної SI, яка складається із семи основних одиниць.

Подальший розвиток Міжнародної системи одиниць був пов'язаний, з одного боку, з ростом вимог до результатів вимірювань різних галузей промисловості й технологій, а з іншого – з постійним удосконаленням методів і засобів вимірювань, у яких використовуються новітні досягнення науки, особливо квантової фізики. Розвиток науки дав можливість реформувати систему SI, побудовану на основі артефактів, пов'язаних із макроскопічними вимірювальними об'єктами, в систему, в якій одиниці будуть визначені на основі констант фізичних взаємодій, стабільних фізичних ефектів і параметрів стабільних часток мікросвіту.

У доповіді наведено нові визначення основних одиниць Міжнародної системи одиниць (SI) через фундаментальні фізичні константи (ФФК). Показано відмінність нових визначень одиниць через точну константу, які дозволяють використати для своєї реалізації будь-які доступні для цього методи, у тому числі й нові майбутні технології, від існуючих сьогодні прямих визначень, які обмежують практичну реалізацію одиниць тільки тими експериментальними методами, які безпосередньо пов'язані з певними умовами або станами, позначеними у визначеннях. Дано огляд експериментальних результатів щодо досліджень визначення значень ФФК в історичному контексті, наведено значення ФФК, які зафіксовані в CODATA LSA 2017 і які передбачається затвердити на XXVI CGPM у листопаді 2018 р. разом із новими визначеннями основних одиниць. Наведено результати досліджень, отримані в ННЦ «Інститут метрології».

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИСОКОТОЧНОЇ АБСОЛЮТНОЇ ГРАВІМЕТРІЇ НА УЛЬТРАХОЛОДНИХ АТОМАХ

Yatsenko L.¹, Neyezhnikov P.¹
Kyiv¹, Kharkiv², Ukraine

Keywords: gravimeter, cold atom, laser, atom interferometer.

Ключові слова: гравіметр, холодний атом, лазер, атомний інтерферометр.

Abstract

We present an overview of the current state of the high-precision absolute gravimetry based on the interferometry with the cold atoms. We consider the most widely used methods of laser cooling for obtaining cold atoms and their trapping. In particular, we explain a physics of optical molasses, magneto-optical traps, bichromatic force and pulsed traps. The main ideas of the cold atom gravimetry are formulated and explained. The gravimeters based on atom interferometry have many benefits in comparison with the state-of-the-art spring gravimeter, a falling corner cube gravimeter, and a super-conducting relative gravimeter and enable absolute and drift-free measurements of gravity with very high precision. The promising potential applications in metrology, geodesy, navigation, earth's gravity field mapping, as gravity wave detectors, and for testing fundamental physics of gravitation and quantum phenomena are also briefly discussed.

МЕТРОЛОГІЯ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Skliarov V., Neyezhnikov P., Prokopov O.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: additive manufacturing, metrological assurance, traceability, modeling, national measurement standard.

Ключові слова: державне адитивне виробництво, метрологічне забезпечення, простежуваність, національні еталони.

Abstract

The national measurement standards from the point of view of traceability of the results of measurement in additive manufacturing in Ukraine are considered in the presentation. The metrological characteristics of the national primary measurement standards in the field of geometric, temperature, optical-physical and time-frequency measurements, which took part in international comparisons within COOMET projects, are presented. The accurate geometric, temperature, optical-physical and time-frequency measurements are the key ones in controlling the quality of additive manufacturing. The use of advanced CAD/CAE/CAM systems allows to simulate the process of additive manufacturing at each stage. In accordance with the areas of the technology of additive manufacturing, the ways of improving the national measurement standards of Ukraine for the growing needs of metrology of additive manufacturing are considered.

The expansion of the temperature range to the melting point of titanium and more refractory materials is a promising area for further improvement of the national measurement standards of Ukraine. The development of contactless thermometry and the use of eutectic points will provide measurement and metrological traceability of measurements of high-temperature parameters of additive manufacturing.

Another promising area is the creation of a standard for measurement of high-power laser radiation.

To ensure reliable manufacturing in AM, the use of test methods and non-destructive testing means as well as application of certified reference materials of comparison of the composition of which the object is being constructed (printed) is necessary.

The other promising area of research is the improvement and harmonization of the existing regulatory and legislative, regulatory and technical framework for additive manufacturing. Modeling of the processes of applying the existing national measurement standards of Ukraine will allow to determine the ways and areas of improvement of certain components of the measurement standard, especially the primary transducers. Taking into account the fact that it is necessary to ensure the traceability of results of AM measurement processes, it is advisable to create a technical committee on standardization and metrology of AM in Ukraine.

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

**APPLICATION OF MODERN SOFTWARE FOR SOLVING THE DESIGN
AND BUILDING OF THE MEASUREMENT STANDARD SYSTEMS**

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДЛЯ ВИРШЕННЯ ЗАДАЧ ПОБУДОВИ ЕТАЛОННИХ СИСТЕМ**

Скляров В. В., Неєжмаков П. І.
Харків, Україна

Keywords: national measurement standards, modern software packages, method of end elements.

Ключові слова: державні еталони, сучасні програмні пакети, finite element method.

Анотація

Побудова та вдосконалення сучасних вимірювальних комплексів і систем неможливі без застосування CAD/CAM/CAE програмних інженерних пакетів. Розрахунки та аналіз складових компонентів дозволяють визначити і вирішити проблемні питання побудови на етапі «проект», зекономити час та матеріальні ресурси. Без використання моделювання та елементів симуляції зробити це практично неможливо.

Дослідження передбачає виконання низки розрахунків із метою оцінки динамічних характеристик, міцності, надійності та оптимальності. Глибокий всеоб'ємний аналіз необхідний також як при підготовці конструкторської документації, так і для моделювання технологічних процесів. Оскільки сучасні комп'ютерні технології дозволяють моделювати функціонування будь-яких пристроїв і аналізувати їх поведінку вже на етапі підготовки проектних рішень, то аналіз можливих модифікацій дозволяє вибрати найбільш ефективне з них, що зводить до мінімуму дороги дослідження та випробування дослідних зразків.

Метою роботи є аналіз, обґрунтування, важливість і можливість комп'ютерного моделювання при вдосконаленні та побудові елементів національних еталонів. Наведено зв'язок CAD/CAM/CAE програмних пакетів із групами еталонів, відповідно до їх міжнародної класифікації за видами вимірювань.

**APPLICATION OF INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS FOR
RESEARCHING QUALITY OF CONSORTIVE PROTECTIVE ECOTONES
FUNCTIONING**

**ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ
КОНСОРЦІЙНИХ ЕКОТОНІВ ЗАХИСНОГО ТИПУ**

Руда М. В., Бубела Т. З.
Львів, Україна

Keywords: consortive protective ecotones, protective forest plantations, cyberphysical system, ecological regulation, multicriteria estimation.

Ключові слова: консорційні екотони захисного типу, захисні лісові насадження, кіберфізична система, екологічне нормування, багатокритеріальна оцінка.

Анотація

На відміну від цілком біотичних систем, які, за В. І. Вернадським, виникли спонтанно, стихійно, природним шляхом, формувалися впродовж тривалого часу органічної еволюції і мають генетичні механізми саморегуляції такого самого походження, консорційні екотони захисного типу (КЕЗТ) є наслідком потужної роботи людського розуму і керованої ним праці. Їхнє зародження також було спонтанним, стихійним і природним, але їхні механізми саморегуляції мають соціальне походження і генезисно пов'язані з вищою від біотичної формою організації, оскільки, будучи за своєю суттю біологічними об'єктами, виконують функції інженерних споруд на шляхах залізничного транспорту (ШЗТ).

Після того як виробнича діяльність охопила цілу біосферу, вона (біосфера) разом з іншими блоками соціосфери опинилася в єдиному кібернетичному контурі управління – інтелектуальному, перетворившись на трофічну, ресурсну і середовищну базу соціосфери, а її стан із часом потрапив у залежність від ефективності роботи регуляторних механізмів останньої.

Для того, щоби будь-яка система працювала в режимі саморегулювання, вона повинна мати:

- свій внутрішній регуляторний блок, котрий сприймає, накопичує, зберігає, перетворює і передає інформацію;
- канали прямого зв'язку між регулятором і керованою системою, якими передаються регуляторні сигнали щодо вдосконалення структури і режиму роботи керованої системи;
- канал зворотного зв'язку, яким надходить до регулятора інформація про її стан і функціонування;
- еталонну (гіпотетичну, перспективну) систему – проектний зразок системи майбутнього, до якої повинна наближатися керована система під впливом управлінської роботи регулятора;

• здатність до саморегуляції за трьома типами керування: за заданою програмою, за замкненим циклом зі зворотним зв'язком і з урахуванням факторів, що зумовлюють відхилення від програми.

Кіберфізична система (КФС) являє собою складну систему, яка об'єднує обчислення, комунікації та фізичні процеси. Інформаційна система (ІС) має ієрархічний рівень структури, потоки інформації та систему прямих і зворотних зв'язків і ґрунтується на гіпотезі про те, що зміни у системі зумовлені цими зв'язками. Отримання кінцевого результату є функцією параметрів окремих блоків системи, якими необхідно керуватися при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень щодо еколого-економічного розвитку КЕЗТ на ШЗТ.

У контексті функціонування ІС КЕЗТ необхідне поєднання пасивних і активних форм діяльності: у полідомінантних природних екотонах – сприяння процесам самовідновлення (сильватизації деревостанів); в умовно природних екотонах – переформування похідних фітоценозів у наближені за видовим складом і структурою до природних, відновлення різноманітності, забезпечення можливості здійснення процесів самовідновлення.

Запропонована концепція КФС процесу функціонування КЕЗТ на ШЗТ дозволить підвищити: рівень адекватності дійсному екологічному стану на ШЗТ його інформаційної моделі; оперативність отримання та достовірність первинних даних за якістю КЕЗТ на залізниці; рівень і якість інформаційного обслуговування споживачів екоінформації на основі мережевого доступу до банків та баз даних.

Загальний алгоритм використання визначених показників поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів КЕЗТ шляхом прямого або непрямого визначення їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єктів залізниці на стан навколишнього природного середовища.

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF ACOUSTIC STANDARDS IN UKRAINE

СУЧАСНИЙ СТАН І РОЗВИТОК ЕТАЛОНІВ АКУСТИЧНИХ ВЕЛИЧИН В УКРАЇНІ

Паракуда В. В., Дувіряк Д. В., Шпак О. В.
Львів, Україна

Keywords: standards, pressure, power, acoustics, ultrasound.

Ключові слова: еталони, тиск, потужність, акустика, ультразвук.

Анотація

У Державному підприємстві «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» розроблені та функціонують три первинні еталони акустичних величин, зокрема, еталон одиниці звукового тиску в повітряному середовищі, еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі та еталон одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі.

Національний первинний еталон України одиниці звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11 забезпечує єдність та простежуваність акустичних вимірювань в Україні. За участю еталона проведено п'ять міжнародних ключових звірень. Його визнано еквівалентним до аналогічних еталонів інших держав, про що свідчать 30 СМС-рядків калібрувальних та вимірювальних можливостей України в галузі акустики в базі даних КСДВ Міжнародного бюро мір та ваг (BIPM). Розмір одиниці звукового тиску у повітряному середовищі постійно передається регіональним метрологічним центрам України, які проводять перевірку та калібрування вимірювачів рівня звуку, аудіометрів, вимірювальних мікрофонів, калібраторів звуку, пістонфонів та інших акустичних засобів вимірювання.

Для забезпечення контролю акустичних параметрів ультразвукового медичного обладнання, які нормуються міжнародними стандартами та нормативно-правовими актами України, створено еталони одиниці потужності ультразвуку та одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі, які забезпечують єдність та простежуваність вимірювань ультразвукового тиску та потужності ультразвуку в Україні.

Державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі відтворює одиницю потужності ультразвуку з використанням методу врівноваження радіаційної сили відповідно до міжнародного стандарту IEC 61161:2013 «Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements».

Державний первинний еталон одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі відтворює одиницю ультразвукового тиску з використанням методу взаємності з двома перетворювачами відповідно до міжнародного стандарту IEC 61127-2:2007 «Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz».

На сьогодні виконуються постійні метрологічні роботи та дослідження на еталонах із метою забезпечення їх стабільного функціонування та покращення їх метрологічних характеристик, зокрема, розширення динамічного та частотного діапазонів під час відтворення одиниць вимірювання та зменшення розширеної невизначеності.

DEVELOPMENT OF STANDARDS OF THE UNIT OF THE PRESSURE IN THE AIR

РОЗВИТОК ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ЗВУКОВОГО ТИСКУ У ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Костеров О. О.
Львів, Україна

Keywords: acoustics, national primary standard, pressure sensitivity of microphone, free-field sensitivity of microphone.

Ключові слова: акустика, національний первинний еталон, чутливість мікрофона за тиском, чутливість мікрофона у вільному полі.

Анотація

Єдність та простежуваність вимірювань у галузі акустики в Україні забезпечує державний первинний еталон України одиниці звукового тиску у повітряному середовищі ДЕТУ 10-01-11.

Відтворення одиниці звукового тиску на еталоні ДЕТУ 10-01-11 відбувається шляхом калібрування еталонних лабораторних мікрофонів, яке проводять первинним методом взаємності відповідно до вимог міжнародних стандартів ДСТУ ІЕС 61094-2:2009 «Електроакустика. Мікрофони вимірювальні. Частина 2: Первинне калібрування за тиском лабораторних еталонних мікрофонів методом взаємності» (при визначенні чутливості мікрофонів «за тиском» – еталонна установка УЕ-2ПУ), та ІЕС 61094-3:2016 «Electroacoustics – Measurement microphones – Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique» (при визначенні чутливості мікрофонів у «вільному полі» – еталонна установка УЕ-3ПУ).

Калібрування однодюймових мікрофонів «за тиском» проводять у діапазоні частот від 2 Гц до 10 кГц, розширена невизначеність вимірювань при цьому знаходиться в межах від 0,03 до 0,18 дБ. Півдюймові еталонні мікрофони калібрують у діапазоні частот від 2 Гц до 25 кГц із розширеною невизначеністю вимірювань у межах від 0,04 до 0,2 дБ.

Еталон ДЕТУ 10-01-11 брав участь у п'яти міжнародних ключових звіреннях із калібрування еталонних лабораторних мікрофонів «за тиском» (COOMET.AUV.A-K1 із національними метрологічними інститутами: РТВ – Німеччина, GUM – Польща, UME – Туреччина, SMU – Словаччина, ВНІФТРІ – Росія; COOMET.AUV.A-K1.1 із РТВ – Німеччина; COOMET.AUV.A-K2 із ВНІФТРІ – Росія; COOMET.AUV.A-K3 – із DPLA-DFM – Данія, GUM – Польща, INM – Румунія, ВНІФТРІ – Росія, та в COOMET.AUV.A-K5 – із GUM – Польща). Його визнано еквівалентним до аналогічних еталонів інших держав, про що свідчать 30 СМС-рядків калібрувальних та вимірювальних можливостей України в галузі акустики в базі даних КСДВ Міжнародного бюро мір та ваг (BIPM).

Подальшим розвитком державного еталона ДЕТУ 10-01-11 стало проведення робіт із удосконалення еталонної установки УЕ-3ПУ, яку використовують для калібрування еталонних мікрофонів у «вільному полі». Було створено спеціальну кімнату для зменшення рівня зовнішнього фонового шуму, в якій розміщено заглушену акустичну камеру, яка дозволяє створити умови вільного акустичного поля під час проведення вимірювань. Крім того, було придбано вимірювальне обладнання та прикладне програмне забезпечення для визначення чутливості мікрофонів.

Калібрування однодюймових мікрофонів на вдосконаленій еталонній установці УЕ-3ПУ проводять у діапазоні частот від 1 до 20 кГц, розширена невизначеність вимірювань при цьому знаходиться в межах від 0,1 до 0,2 дБ. Півдюймові еталонні мікрофони калібрують у діапазоні частот від 3 до 40 кГц із розширеною невизначеністю вимірювань у межах від 0,1 до 0,2 дБ.

Таким чином, можна стверджувати, що наразі стан акустичних вимірювань в Україні відповідає рівню інших країн. Розмір одиниці звукового тиску в повітряному середовищі постійно передається регіональним метрологічним центрам України, які проводять повірку та калібрування вимірювачів рівня звуку, аудіометрів, вимірювальних мікрофонів, калібраторів звуку, пістонфонів тощо.

СТВОРЕННЯ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ ВИМІРЮВАННЯ ОДИНИЦІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Кізілівський І. Г.
Львів, Україна

Keywords: acoustic power, primary standard, traceability measurement, radiation power, ultrasound, ultrasound medical equipment.

Ключові слова: акустична потужність, первинний еталон, простежуваність вимірювання, радіаційна сила, ультразвук, ультразвукова медична апаратура.

Анотація

Ультразвукову медичну апаратуру можна класифікувати за способами клінічного застосування та типом вихідних ультразвукових полів, які вони генерують. Акустичний вихід ультразвукового медичного обладнання характеризують такими акустичними параметрами: ультразвукова потужність, ультразвуковий тиск, інтенсивність ультразвукового випромінювання, частота випромінювання та ін.

З часів встановлення незалежності в Україні потужність ультразвукового випромінювання контролювалася за допомогою приладів «ИМУ-Квант» (вітчизняного виробництва), «ИМУТАП» та «ИМУ-3» (виробництва Росії), конструкція яких не передбачала вимірювання абсолютним методом.

У 2011 році в ДП НДІ «Система» було розроблено та введено в експлуатацію вторинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі ВЕТУ 10-169-01-11 і затверджено локальну повірочну схему передавання одиниці потужності ультразвуку ЛПУ 10-01-2011.

Незважаючи на наявність вторинного еталона та схеми передавання одиниці потужності, цього виявилось недостатньо для визнання результатів вимірювання потужності ультразвуку на міжнародному рівні.

У 2017 році на базі вторинного еталона було створено державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку. Відтворення одиниці потужності базується на первинному методі гравіметричного врівноваження радіаційної сили, який рекомендовано міжнародним стандартом IEC 61161:2013 «Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements».

Порівняно з вторинним еталоном у первинному еталоні розширено діапазон відтворення потужності ультразвуку (було від 0,005 до 1 Вт, стало від 0,005 до 10 Вт) та зменшено розширену невизначеність з 16,1 до 10,7 %.

Окрім калібрування та повірки засобів вимірювання ультразвукової потужності, оцінки відповідності медичного обладнання, державний первинний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі дає можливість заявити нові СМС-рядки калібрувальних та вимірювальних можливостей для України в базі даних Міжнародного бюро мір та ваг шляхом участі у міжнародних звіреннях, а також забезпечує виконання в Україні вимог технічного регламенту «Щодо медичних виробів», який встановлює вимоги до медичних виробів стосовно захисту життя і здоров'я людини.

СТВОРЕННЯ ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТИСКУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Дувіряк Д. В., Шпак О. В.
Львів, Україна

Keywords: ultrasound, primary standard, ultrasonic pressure, traceability of measurements.
Ключові слова: ультразвук, первинний еталон, ультразвуковий тиск, простежуваність вимірювань.

Анотація

Практично в усіх галузях економіки, науки і техніки та, зокрема, в медицині широко використовують апарати й обладнання, робота яких ґрунтується на застосуванні ультразвуку. Необхідною умовою ефективного використання ультразвуку є достатня точність вимірювання його параметрів та простежуваність результатів вимірювання до еталонів одиниць системи SI. Одним із основних параметрів ультразвуку є ультразвуковий тиск.

Активне застосування ультразвукових технологій у медицині привело до створення складного ультразвукового медичного обладнання (УМО). Параметри акустичного виходу УМО не тільки визначають його ефективність під час застосування за призначенням, але і є визначальною характеристикою безпеки його застосування. В основі випробування УМО є вимірювання акустичного тиску в ультразвуковому промені перетворювача, за допомогою якого можна визначити інші параметри, зокрема, інтенсивність та потужність ультразвукового випромінювання.

Вимірювання вихідних параметрів ультразвукового медичного обладнання відноситься до сфери законодавчо регульованої метрології та є обов'язковим під час процедури оцінки відповідності УМО.

У 2017 році в ДП НДІ «Система» було створено державний первинний еталон одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі, який відтворює одиницю ультразвукового тиску в діапазоні від 5,0 до 100 кПа та діапазоні частот від 0,5 до 10 МГц. Одиниця ультразвукового тиску відтворюється шляхом калібрування еталонних гідрофонів первинним методом взаємності з двома перетворювачами відповідно до міжнародного стандарту ДСТУ IEC 62127-2:2009 2009 «Ультразвук. Гідрофони. Частина 2: Калібрування для ультразвукових полів частотою до 40 МГц включно». За результатами роботи комісії з прийняття еталона, утвореної відповідно до наказу Мінекономрозвитку, отримано висновок з рекомендацією щодо надання еталону статусу національного.

Державний первинний еталон одиниці ультразвукового тиску у водному середовищі дає можливість забезпечити єдність та простежуваність вимірювань ультразвукового тиску у водному середовищі та заявити СМС-рядки калібрувальних та вимірювальних можливостей для України в базі даних Міжнародного бюро мір та ваг після участі у міжнародних звіреннях національних еталонів із метою визнання результатів вимірювання ультразвукового тиску та похідних величин на міжнародному рівні.

УЛЬТРАЗВУКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Коваленко А.
Київ, Україна

Keywords: ultrasonic converters, piezoelectric effect, calibration.

Ключові слова: ультразвукові перетворювачі, п'єзо ефект, калібрування.

Анотація

Для введення ультразвукових променів у потік та отримання їх на виході з потоку застосовують випромінюючі й приймаючі ультразвукові перетворювачі (принцип п'єзо ефекту). Прямий п'єзо ефект (приймачі) – перетворення механічних (акустичних) коливань на змінну напругу. Зворотній п'єзо ефект (випромінювачі) – перетворення різниці потенціалів на механічну деформацію (акустичні коливання). Випромінювачі характеризуються п'єзоелектричним модулем $d = S/E$ (м/В), а приймачі – п'єзоконстантою по деформації $h = E/S$ (В/м), де E – напруга на п'єзоелементі, S – пружна деформація.

Між п'єзомодулем d та п'єзоконстантою h існує залежність: $h = (E_{ю}/\epsilon\epsilon_0) \cdot d$ ($E_{ю}$ – модуль Юнга, ϵ – діелектрична проникність, ϵ_0 – електрична стала). Ефективність випромінювача зростає зі збільшенням d . Зі збільшенням п'єзомодуля d зростає й п'єзоконстанта h .

П'єзоелектричний ефект було вперше виявлено у природному кварці. Однак зараз як випромінювачі та приймачі ультразвукових коливань застосовуються в основному п'єзокерамічні матеріали – титанат барію $BaTiO_3$, цирконат свинцю $PbZrO_3$ та титанат свинцю $PbTiO_3$, які мають великий п'єзомодуль і в кілька разів вищу, ніж у кварцу, діелектричну проникність.

Ультразвукові перетворювачі, що застосовуються на практиці, повинні відповідати низці вимог:

- ефективне передавання й отримання ультразвукових сигналів через відповідний інтерфейс;
- нехтовно мала акустична передача ультразвукового сигналу через корпус витратоміра;
- точне й надійне позиціонування;
- відсутність небажаних впливів вимірюваного плинного середовища;
- тривале безвідмовне функціонування.

Можна виділити три основні групи ультразвукових перетворювачів.

1) Змонтовані заводським способом:

«занурені» («змочені») – відкритий резонатор;

«незанурені» («незмочені») – відкритий резонатор;

«незанурені» («незмочені») – заповнений резонатор.

Примітка: для всіх перелічених типів ділянка трубопроводу – корпус, у якому змонтовані ультразвукові перетворювачі, може бути калібрована при

випуску з виробництва разом з ультразвуковим перетворювачем на реальному середовищі – так зване «вологе» калібрування. Для газів застосовуються тільки ультразвукові перетворювачі першого типу.

2) Змонтовані безпосередньо в трубопровід:

«занурені» («змочені») – відкритий резонатор;

«незанурені» («незмочені») – відкритий резонатор.

Примітка: можливе тільки калібрування по місцю. Так зване «сухе» калібрування (без вимірюваного середовища) може допускатися, однак потребуватиме дуже ретельних вимірювань.

3) Накладні:

«незанурені» («незмочені») – передача сигналу через стінку трубопроводу.

Примітка: «вологе» калібрування практично неможливе. Застосовуються в основному для рідин.

ВЫБОР АЛГОРИТМА ВАЛИДАЦИИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТЯГИ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Волошина М. А., Ерес Л. А., Курако И. М.
Днепр, Украина

Keywords: measurement procedure, validation, thrust force measurement channel, working measurement standard, experimental researches.

Ключевые слова: методика выполнения измерений, валидация, измерительный канал силы тяги, рабочий эталон, экспериментальные исследования.

Аннотация

Сила тяги ракетного двигателя на твердом топливе (РДТТ) – один из основных параметров, измерение которого проводится при контроле соответствия параметров разрабатываемого двигателя предъявляемым к нему требованиям. Измеренные значения силы тяги в дальнейшем используют для определения удельной тяги, представляющей собой отношение развиваемой РДТТ силы тяги к массовому секунднему расходу продуктов сгорания твердого топлива и характеризующей энергетическое совершенство испытуемого РДТТ.

При экспериментальной отработке РДТТ устанавливается на огневой испытательный стенд, в составе которого сформирован измерительный канал силы тяги, позволяющий при огневом пуске РДТТ измерить и зарегистрировать развиваемую РДТТ силу тяги.

При подготовке измерительного канала силы тяги к проведению огневых стендовых испытаний РДТТ должна быть разработана методика выполнения измерений, позволяющая обеспечить получение результатов измерений силы тяги с допустимыми характеристиками погрешности или неопределенности измерений, которые приводятся в программе проведения огневых стендовых испытаний.

По опыту ГП «КБ «Южное» выбор алгоритма валидации (оценки пригодности) методики выполнения измерений силы тяги для проведения измерений зависит от состава измерительного канала силы тяги, наличия рабочего эталона и его вида, а также технической возможности проведения сквозных или позвенных исследований характеристик погрешности или неопределенности измерений используемого измерительного канала силы тяги.

Наиболее предпочтительной процедурой валидации методики выполнения измерений является прямое нагружение собранного измерительного канала силы тяги с помощью рабочего эталона, представляющего собой силоизмерительную машину в тех случаях, когда измерительный канал может быть доставлен в место размещения силоизмерительной машины. В остальных случаях предпочтительным является метод, при котором вначале оцениваются характеристики погрешности или неопределенности измерений отдельных звеньев измерительного канала силы тяги исходя из технической возможности проведения экспериментальных исследований этих отдельных звеньев, а затем расчетным способом оцениваются суммарные характеристики погрешности или неопределенности измерений всего измерительного канала силы тяги по полученным данным на отдельные звенья.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Сахнюк И. А.
Киев, Украина

Keywords: measurement error, mathematical model, redundant measurements, conversion function.

Ключевые слова: погрешность измерения, математическая модель, избыточные измерения, функция преобразования.

Аннотация

Важнейшим заданием при проектировании средств измерительной техники (СИТ) есть повышение точности измерений путем уменьшения возможных составляющих погрешности. Для повышения точности СИТ применяют разные методы предупреждения появления или снижения уже имеющих место погрешностей. При наличии медленно изменяющейся (прогрессирующей) погрешности более эффективным может быть метод статистической минимизации погрешности путем обработки конечного результата измерения. Автор выносит на обсуждение метод снижения погрешности, основанный на обработке ряда полученных наблюдений избыточных измерений. Известно, что измерения по соотношению между числом n измеряемых величин и числом m уравнений измерения подразделяют на неизбыточные и избыточные или множественные. При $m=n$ измерения неизбыточные, а при $m > n$ – избыточные. По способу осуществления избыточности множественные измерения можно подразделить на многократные и многоканальные. Избыточность измерений может быть осуществлена либо повторением измерений m раз, то есть измерениями с многократными наблюдениями, либо разовым m -канальным измерением, либо их комбинацией.

Преобразование входной физической величины в измерительный сигнал осуществляется первичным измерительным преобразователем (ПИП) и (при наличии) последующими, связанными с ним преобразователями, чаще всего электрических величин. Вследствие этого вид функции преобразования измерительного канала во многом определяется видом функции преобразования ПИП.

Построение математической модели функции преобразования ПИП заключается в формализованном представлении исследуемой функциональной зависимости $y=f(x)$ и определении значений параметров такой функции. Предположим, что математическая модель процесса избыточных измерений линейной функции преобразования описывается в виде $y_n = S_n x_i + \Delta y_n = f_n(x_i)$. Причем параметры функции априори известны и априори установлены пределы их изменений.

При избыточных измерениях математическая модель нелинейной функции

преобразования состоит, например, из линейной и двух нелинейных составляющих с неизвестными значениями параметров и в общем виде записывается как $y_n = f_n(x_p, S_x, S_{n1}, S_{n2}, \Delta y_n)$. Заметим, что отличие методов избыточных измерений от методов прямых измерений состоит в разной форме записи функции преобразования измерительного канала, связанной с числом неизвестных, значения которых подлежат определению.

На этапе формализации измерительных процедур процесса избыточных измерений устанавливают связи между измеряемыми физическими величинами. Решение задачи выполняют относительно искомой физической величины x_i и относительно неизвестных параметров функции преобразования. При построении математической модели подсчитывается число n неизвестных функции преобразования входной физической величины и составляется система из n или $m=n+1$ уравнений величин.

Представлены математические модели, описывающие процесс избыточных измерений при линейной и нелинейной функциях преобразования измерительного канала. Для реализации процедур самонастройки и коррекции нелинейности получены уравнения величин, описывающие параметры функции преобразования. Проведен анализ составляющих погрешности и определены пути их уменьшения.

USE OF PRINCIPLES AND COORDINATION PROCEDURES FOR COMPLEX DYNAMIC SYSTEMS

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ТА ПРОЦЕДУР КООРДИНАЦІЇ ДЛЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Кондрашов С. І., Дроздова Т. В.
Харків, Україна

Keywords: linear coordination, adaptation, reference control influence, dynamic system, hierarchical structure.

Ключові слова: лінійна координація, адаптація, еталонний керуючий вплив, динамічна система, ієрархічна структура.

Анотація

Із системології відомо, що система визначається структурою і поведінкою. Під структурою розуміються інваріантні в часі зв'язки між елементами системи, що формалізуються математичним поняттям графа. Під поведінкою системи розуміється її дія («рух») у часі. Тому логічним є аналіз складної системи як такої, що має декілька рівнів ієрархії та динамічний характер функціонування. Найпростішим видом ієрархічної системи є дворівнева. Це пояснюється її порівняною простотою та можливістю синтезувати із простих систем (модулів) більш складну загальну. Така структура передбачає, що існує деяка проблема координації – узгодженості функціонування модулів, якої намагається домогтися управляюча система вищого рівня. Як основи для її вирішення розглядаються «постулат сумісності», принципи та процедури координації.

Проаналізовано такі три принципи, як прогнозування, узгодження та оцінки взаємодій. Зазначається, що правильно обраний принцип координації визначає задачу, що вирішується системою вищого рівня. Як тільки таку задачу обрано, виникає проблема пошуку її вирішення. Для цього існує декілька способів, найважливішими з яких будемо вважати процедури «лінійної» координації та використання зворотного зв'язку. Розглянуто такі різновиди «лінійної» координації, як з адаптацією та з еталонним керуючим впливом.

Слід зазначити, що процедура послідовної координації як окремого випадку «лінійної» координації зручна, коли присутні зовнішні обурення або деякий фактор невизначеності вихідних даних. Зміна умов роботи підсистем унаслідок будь-яких причин приводить до зміни координуючих сигналів із боку системи вищого рівня, яка враховує ці зміни і виробляє нову стратегію координації.

Головними труднощами в запропонованому методі координації є труднощі встановлення прийнятних оціночних діапазонів і рішення локальних завдань. Тоді при використанні описаного підходу локальні задачі формулюються як задачі задовільного (покращеного), але вже не оптимального управління.

АНАЛІЗ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ КАНАЛІВ У РАДІОТЕХНІЧНІЙ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

Бархударян М. В., Чумак Б. О.
Харків, Україна

Keywords: information-measuring system, navigation parameters of signals, reliability of information.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, навігаційні параметри сигналів, достовірність інформації.

Анотація

Для забезпечення контролю космічних об'єктів під час визначення та прогнозування їх траєкторій, а також управління рухом літальних об'єктів (ЛО) на різноманітних ділянках траєкторій їх польоту використовуються наземні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС). Однак на сьогоднішній день жодна із систем не виконує оцінки достовірності отриманої інформації при визначенні параметрів руху, особливо в реальному масштабі часу.

Розробка нових радіотехнічних вимірювальних систем наземного комплексу управління ЛО має бути спрямована на підвищення їх можливостей щодо точного та достовірного контролю навігаційних параметрів сигналів. Особливо важливим це питання є в умовах обмеженого часу сеансу зв'язку, а також для забезпечення оперативного контролю траєкторій балістичних об'єктів при їх польоті по необладнаних трасах.

Параметри навігаційного сигналу значною мірою визначають основні характеристики ІВС у цілому. Тому вибір сигналу обумовлений вимогами до системи, основними з яких є:

- глобальність дії і можливість доступу до системи в будь-який час;
- висока точність визначення навігаційних параметрів у реальному масштабі часу різними споживачами;
- стійкість до природних і організованих перешкод;
- забезпечення управління ЛО тільки станціями підсистеми контролю і управління;
- санкціоноване використання сигналу для високоточних навігаційних вимірювань.

ІВС із широкосмуговими шумоподібними сигналами мають низку переваг у порівнянні з іншими: підвищену завадостійкість, скритність, можливість одним сигналом здійснювати виміри параметрів руху ЛО і передавати інформацію; достатню точність і високу достовірність передавання інформації. В перспективі це може привести до побудови уніфікованої, мобільної радіотехнічної системи, ТТХ якої будуть задовольняти зростаючі вимоги.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ ВІРТУАЛЬНОЇ
«КАТАСТРОФИ» У ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Мельник С. І., Мельник С. С.
Харків, Україна

Keywords: catastrophic theory, precision measurements, weak quantum measurements.

Ключові слова: теорія катастроф, високоточні вимірювання, нечіткі квантові вимірювання.

Анотація

Останнім часом у метрології проблема проведення високоточних вимірювань стала особливо актуальною. Це пов'язано як із переходом на квантову систему еталонів, так і з використанням високотехнологічних сучасних давачів, рівень шуму в яких обмежений лише фундаментальними фізичними законами (принципом квантової невизначеності та тепловими шумами). Однак у більш простих ситуаціях невизначеність вимірювань виявляється значно вищою від фізично обумовленої межі, що пов'язано з неоптимальним проведенням вимірювання, вибором давача і методики вимірювань.

Теорія катастроф є сферою математичного аналізу, що дозволяє вивчати динаміку стрибкоподібних переходів системи з одного стану в інший при перевищенні критичного значення одним із її параметрів. Високий рівень визначеності цього порогу дозволяє використовувати наявну катастрофу як індикатор його перевищення вимірюваною величиною. Показано, що адаптивна зміна властивостей системи (і відповідна зміна порогового значення катастрофи) дозволяє сконструювати повноцінний і високоточний вимірювальний прилад. Наведено приклади використання описаної методології в різних методах контролю та вимірювання. Запропоновано інформаційну модель катастрофи. Одержані результати проілюстровано прикладами обробки тепловізійної інформації у задачах теплової томографії, фізики низьких температур та у квантових нечітких вимірюваннях. Результати комп'ютерних експериментів запропонованої методики підвищення точності вимірювань підтверджують її ефективність.

СВОБОДА ВИБОРУ ЯК ОБ'ЄКТ ВИМІРЮВАНЬ У КЛАСИЧНІЙ ТА КВАНТОВІЙ ФІЗИЦІ

Мельник С. І., Тулузов І. Г.
Харків, Україна

Keywords: freedom of choice, problem of irreversibility, quantum weak measurements.
Ключові слова: свобода вибору, проблема необерненості, квантові нечіткі вимірювання.

Анотація

У схемі фізичного експерименту як самого спостерігача, так і можливості будь-якого його вибору або впливу на результат вимірювань повністю виключено із розгляду. У класичній фізиці впливом вимірювача на об'єкт вимірювань нехтують зовсім. Це призводить до парадоксу необерненості – протиріччя між теоремою Ліувіля та законом росту ентропії у замкненій системі. У квантовій фізиці враховують вплив спостерігача тільки у два моменти: коли підготовується початковий стан квантової системи, та кінцевий, коли деталі взаємодії між мікроскопічним об'єктом та макроскопічним спостерігачем не розглядаються. Це призводить до неможливості описати колапс хвильової функції системи при вимірюваннях як квантовий динамічний процес. Формальну процедуру переходу від квантового стану до класичного результату вимірювання описано за допомогою проективного оператора, що є не оберненим. Тому він не може бути узгоджений із іншими (оберненими) фундаментальними законами фізичної динаміки.

Нами запропоновано новий інформаційний підхід, у якому спостерігач вважається частиною замкненої системи, у якій проводиться вимірювання. Показано, що опис ані детермінованого, ані вірогідного майбутнього цієї системи не може виникати на підставі проведених вимірювань. Така зміна стану спостерігача, яка не може бути ним передбачена у замкненій системі, частиною якої він є, трактується нами як його вибір. Інформаційна міра множини майбутніх траєкторій системи у фазовому просторі станів може характеризувати свободу цього вибору.

Враховуючи, що межа між спостерігачем та частиною системи, що спостерігається, досить умовна, треба зауважити, що й свобода вибору є відносною категорією. Як приклад такої системи нами розглянуто широко відомий експеримент із «котом Шредінгера» за наявності двох спостерігачів та експеримент із безперервного нечіткого вимірювання параметрів траєкторії квантової частинки.

Показано, що запропонований підхід вирішує парадокси (зокрема, проблему необерненості), що виникають в ортодоксальних підходах до опису фізичних вимірювань.

РОЗРОБКА МЕТРОЛОГІЧНОГО І ПРИЛАДОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ І КОНТРОЛЮ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ, ВИРОБІВ І КОНСТРУКЦІЙ УЛЬТРАЗВУКОВИМ ІМПУЛЬСНИМ МЕТОДОМ

Серіков Я. О.
Харків, Україна

Keywords: materials, physical and mechanical characteristics, structural disturbances, ultrasonic pulse method, research, instruments, methods.

Ключові слова: матеріали, фізико-механічні характеристики, структурні порушення, ультразвуковий імпульсний метод, дослідження, прилади, методи.

Анотація

В Україні, країнах далекого і близького закордону активно розвивається економічно обумовлений напрямок будівельної галузі з капітального ремонту, реконструкції, продовження життєвого циклу експлуатованих будівель та споруд (об'єктів). Важливим його етапом є обстеження конструкційних елементів експлуатованих об'єктів, у процесі якого визначають рівень фізико-механічних характеристик матеріалів, тріщинуватість тощо. В результаті цього встановлюється можливість, наприклад, реконструкції об'єкта, а також обсяг робіт, що необхідно виконати, і величина економічних витрат. Другим об'єктивно важливим напрямком науково-технічного розвитку економіки країн є галузь проектування і виробництва матеріалів. При реалізації розробок цього напрямку необхідним є дослідження впливу експлуатаційних факторів на проектовані матеріали, а також визначення ефективних технологічних режимів процесу їх виробництва.

Для вирішення таких завдань застосовують ряд методів контролю, серед яких найбільш ефективними є неруйнівні методи. Аналіз потенційних можливостей використовуваних методів показує, що одним з основних методів неруйнівного контролю якості матеріалів є ультразвуковий імпульсний метод. Цей метод дозволяє визначати такі характеристики матеріалів, як міцність, однорідність, наявність мікротріщин, площин розшарування матеріалу у виробках чи конструкціях тощо. При цьому метод, забезпечений відповідною контрольно-вимірювальною апаратурою, методиками контролю в принципі дозволяє забезпечити вирішення завдання контролю якості широкого спектру матеріалів – від монокристалів до бетону монолітних споруд.

Незважаючи на переваги, поширення цього методу контролю стримується рядом причин, серед яких основними є такі:

- недостатня активність розробок цього напрямку неруйнівного контролю якості, що викликає відсутність відповідного метрологічного і приладового забезпечення;

- принципові недоліки ультразвукового імпульсного методу контролю, які полягають, наприклад, у зниженні точності й достовірності даних при вимірюваннях на достатньо значних відстанях між випромінювальним і прийомним ультразвуковими перетворювачами;

- технологічні особливості ультразвукового імпульсного методу контролю, які негативно відбиваються на достовірності даних вимірювання тощо.

З метою підвищення ефективності робіт з обстеження експлуатованих будівель та споруд, проектування і виробництва нових матеріалів на основі ультразвукового імпульсного методу проведено дослідження і виконано розробки приладового та метрологічного забезпечення цього методу, які спрямовані на підвищення точності, достовірності даних контролю, розширення сфери застосування.

METROLOGICAL ASPECTS IN ENSURING THE TRACEABILITY OF MEASUREMENTS IN A NEW VERSION OF DSTU ISO/IEC 17025:2017

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТЕЖУВАНOSTІ ВИМІРЮВАНЬ У НОВІЙ ВЕРСІЇ ДСТУ ISO/IEC 17025:2017

Лукашева Т. В., Стрілець В. О.

Харків, Україна

Keywords: traceability, measuring instruments, measurements, calibration, tests, risk-based approach.

Ключові слова: простежуваність, ЗВТ, вимірювання, калібрування, випробування, ризик-орієнтований підхід.

Анотація

Важливим етапом підвищення забезпечення системи управління якістю під час проведення калібрувань та випробувань є перехід на нову версію стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC 17025:2017, IDT) «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

Цей стандарт розроблено за новим шаблоном стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) стосовно систем менеджменту (додаток SL, частина 2). До головних змін стандарту, які значною мірою вплинуть на зміну системи менеджменту якості, відносяться: структура стандарту; контекст організації (включаючи потреби і потреби зацікавлених сторін, умови навколишнього середовища); дії щодо ризиків і можливостей (ризик-орієнтований підхід).

Ризик-орієнтований підхід суттєво важливий для досягнення результативної системи управління якістю. Поняття «ризик-орієнтований підхід» було нечітко наявним у попередніх виданнях цього стандарту, охоплюючи, наприклад, виконання запобіжних дій для усунення потенційних невідповідностей, аналізування будь-яких невідповідностей, що виникають, і вжиття заходів для запобігання їх повторному виникненню. Управління як ризиками, так і можливостями створює основу для підвищення результативності системи управління якістю, вдосконалення та запобігання негативним впливам.

У метрологічному аспекті головною особливістю нової версії ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 є його прикладна специфіка, що стосується вимог до забезпечення простежуваності вимірювань під час проведення калібрувань та випробувань, яка є невід'ємною частиною метрологічної діяльності, та аналізування ризиків при забезпеченні єдності вимірювань та метрологічної простежуваності. Вимоги нової версії ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 дозволяють більш детально розглянути складові ризиків у метрологічній діяльності й підвищити надійність отриманих результатів вимірювань під час проведення калібрувань та випробувань.

METHOD MEASUREMENT VELOCITY OF PROPAGATION LONGITUDINAL AND TRANSVERSE ULTRASONIC WAVES BY IMMERSION METHOD IN SOLIDS

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ТА ПОПЕРЕЧНОЇ УЗ-ХВИЛЬ ІМЕРСІЙНИМ МЕТОДОМ У ТВЕРДИХ ТІЛАХ

Мащенко В. А.¹, Купко В. С.²
Рівне¹, Харків², Україна

Keywords: ultrasonic wave, velocity of propagation, longitudinal and transverse waves, immersion method, Poisson's ratio.

Ключові слова: ультразвукова хвиля, швидкість поширення, поздовжні та поперечні хвилі, імерсійний метод, коефіцієнт Пуассона.

Анотація

За допомогою імерсійного методу з прохідним сигналом разом із методом обертової пластини запропоновано методику вимірювання швидкостей поширення поздовжньої та поперечної ультразвукових хвиль у твердих тілах. Визначення швидкості поширення поздовжніх ультразвукових хвиль базується на порівнянні результатів прямих вимірювань часу проходження зондуючого імпульсу через імерсійну рідину при відсутності та наявності зразка між випромінювачем і приймачем сигналів.

Вимірювання швидкості поширення поперечних ультразвукових хвиль базується на тому, що при падінні поздовжньої хвилі на межу поділу «рідина – тверде тіло» в останньому у загальному випадку поширюються дві хвилі: поздовжня і поперечна. Метод обертової пластини дозволяє знайти критичний кут, при якому поздовжня хвиля трансформується у поверхневу, а у зразку поширюється тільки поперечна хвиля. Значення швидкості поширення поперечної хвилі розраховують із отриманого рівняння при відомих значеннях критичного кута, швидкості поширення ультразвукової хвилі у рідині та різниці в часі проходження зондуючого імпульсу. У загальному випадку рівняння має чотири корені: два комплексно-спряжені та два дійсні. Вибір одного з дійсних коренів залежить від знаку величини часової затримки. За експериментальними даними швидкостей поширення поздовжньої та поперечної хвиль визначається коефіцієнт Пуассона твердого тіла.

SOLVING METROLOGICAL PROBLEMS OF THERMOMETRY BY COMPUTER MODELING METHODS

ВИРІШЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ТЕРМОМЕТРІЇ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Склярів В. В.
Харків, Україна

Keywords: national measurement standard, finite element modeling, metrological assurance, traceability.

Ключові слова: державний еталон, моделювання кінцевими елементами, метрологічне забезпечення, простежуваність.

Анотація

Розвиток комп'ютерної техніки та обчислювальних методів відкрив великі перспективи використання сучасних інженерних програм при вдосконаленні та побудові наукомістких систем та комплексів. Розглядається застосування принципу комп'ютерного моделювання при побудові, вдосконаленні та дослідженні складових частин національних еталонів України в галузі термометрії. Наводяться результати досліджень моделювання з використанням методу кінцевих елементів. Надається аналіз подальшого використання комп'ютерного моделювання для розрахунків складових частин національних еталонів. Надається приклад розрахунку елементів тепловідведення для вирішення задач енергозбереження. Метою доповіді є вдосконалення елементів еталонів при підготовці до міжнародних звірень.

На практиці запропонований алгоритм моделювання та розрахунків використовується для зниження систематичної похибки національних еталонів у галузі термометрії при проведенні міжнародних звірень за програмами КООМЕТ.

ЦИФРОВИЙ СЕРТИФІКАТ КАЛІБРУВАННЯ

Півненко С. М.
Харків, Україна

Keywords: digital document, digital signature, calibration of measuring instruments, digital calibration certificate, java-program.

Ключові слова: цифровий документообіг, цифровий підпис, калібрування засобів вимірювання, цифровий сертифікат калібрування, java-програма.

Анотація

Цифровий документообіг набуває все більшого поширення, доповнюючи і замінюючи собою традиційний паперовий. Впровадження цифрового документообігу є глобальним завданням, важливість якого можна оцінити за кількістю сил, які додаються багатьма країнами для переходу на цифрову документацію. Використання цифрових документів, зокрема, цифрових сертифікатів калібрування, надає ряд переваг.

Стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» встановлює необхідний перелік документів і вимоги до подання результатів калібрування у сертифікаті калібрування. Однак, при створенні на практиці шаблону сертифіката, виникає великий простір для творчості, що може привести до того, що сертифікати, створені з урахуванням вимог даного стандарту, можуть значно відрізнятися. Тому в СОOMET було розроблено Рекомендацію R/GM/15:2007, що містить форму шаблону сертифіката.

Співробітниками ННЦ «Інститут метрології» були проведені роботи по розробці цифрової системи, призначеної для створення та зберігання цифрових сертифікатів калібрування, в тому числі було розроблено програму у вигляді java-сервлета, призначення якої – формування цифрового сертифіката калібрування у форматі PDF-файлу. Робота із програмою можлива у будь-якому web-браузері і не вимагає попереднього налаштування. Цифровий ключ, який використовується для підписання файлу сертифіката калібрування, можна отримати в одному із діючих Акредитованих центрів сертифікації ключів.

Створювана база даних цифрових сертифікатів калібрування дозволить значно спростити менеджмент архіву виданих документів.

Аналогічно паперовому документу, цифрова версія сертифіката калібрування підписується двічі: особою, що виконала калібрування, і особою, яка затверджує сертифікат калібрування, після чого він стає дійсним.

Ця програма є одним із етапів робіт зі створення цифрової системи бази даних сертифікатів калібрування, що видаються в ННЦ «Інститут метрології».

КОМУТАЦІЙНА СПРОМОЖНІСТЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН У МЕТРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВИРОБНИЦТВА

Луцький С. В., Руженцев І. В.
Харків, Україна

Keywords: commitment capacity, technical and economic indicators, linear stationary system.

Ключові слова: пропускна здатність, техніко-економічні показники, лінійна стаціонарна система.

Анотація

Комунікаційна спроможність – це скалярна фізична величина, що є єдиною мірою різних форм комунікації об'єктів матерії. Німецький фізик М. Планк на початку ХХ століття показав, що елементарні значення основних одиниць виміру (Δl , Δt , Δm , Δe , Δi – елементарні відхилення категоріальних атрибутів, які мають свої найменші значення в реальному світі) можуть бути складені й обчислені з фундаментальних фізичних констант: C – швидкість світла; h – стала Планка; G – гравітаційна стала. Аналіз результату рівнянь, складених із фундаментальних фізичних констант, показує, що:

- система рівнянь із фізичних констант моделює лінійну стаціонарну систему;
- для лінійної стаціонарної системи рівнянь числове значення отриманих результатів є величиною одиниці комутаційної спроможності (КС) для фізичних величин (ФВ), які його становлять;
- чисельне значення одиниць КС ФВ для даної системи рівнянь незмінне, в іншому випадку воно призведе до зміни чисельного значення фізичних констант;
- збільшення точності одиниць КС ФВ можливе тільки за рахунок збільшення точності виміру фізичних констант;
- пропорційне відношення одиниць КС ФВ у системі фізичних констант незмінне, в іншому випадку система втрачає свою стаціонарність.

Виробництво, господарська діяльність якого моделюється певною системою рівнянь із техніко-економічних показників, є окремим випадком лінійної стаціонарної системи. Техніко-економічні показники є функцією параметрів виробу, технологічного обладнання, технологічного процесу. Таким чином, виробництво може моделюватися як система КС параметрів виробництва, де значенням одиниці КС параметра є допуск на точність. Такий підхід до метрологічного забезпечення виробництва дозволить покращення якості продукції за рахунок контролю за значенням КС його параметрів, підвищить ефективність виробництва за рахунок контролю КС технологічних ресурсів.

СЕКЦІЯ 2. ЗАКОНОДАВЧА МЕТРОЛОГІЯ ТА МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

THE PROPOSAL OF THE METHOD FOR ASSESSMENT OF RISK FOR SW IN METROLOGICAL INSTRUMENTS

ПРОПОЗИЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКУ SW У МЕТРОЛОГІЧНИХ ПРИЛАДАХ

Koval M.¹, Grasso Toro F.², Esche M.²
Brno, Czech Republic¹, Berlin, Germany²

Keywords: risk assessment, software, legal metrology, measuring instrument.
Ключові слова: оцінка ризику, SW, юридична метрологія, вимірювальні прилади.

Abstract

Legal Metrology is the economic sector where measuring instruments subject to legal control (taximeters, electricity meters, etc.) are used. In this field, constant growth of Measuring Instruments using ICT technology is evident. For this reason, higher security requirements need to be imposed as stated by the relevant EU directives. Risk assessment is an additional security requirement for software based on current regulations Directive 2014/31/EU and Directive 2014/32/EU state: «The documentation shall make it possible to assess the instrument's conformity to the relevant requirements, and shall include an adequate analysis and assessment of the risk(s)».

Several methods for risk assessment of SW exist, but based on this statement above, it is necessary to find appropriate solutions for the realization of risk assessment for metrological SW, on the base of its technical documentation. In this article a method is proposed, aiming for advantages such as universality, simplicity and transparency, in contrast with already existing methods.

The combination of these advantages in the proposed method will achieve its simple understanding and usage for evaluators (both Notified Bodies and manufacturers). The proposed method consists mainly in the assessment of combinations of commonly used ICT functionalities and their influence on the security of the metrological SW.

MANAGEMENT OF METROLOGICAL RISKS

МЕНЕДЖМЕНТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Береговой А. А., Ерес Л. А., Петренко Ю. Н.
Днепр, Украина

Keywords: metrological risk, management of metrological risks, risk assessment.
Ключевые слова: метрологический риск, управление метрологическими рисками, оценка риска.

Аннотация

Требования к процессу управления рисками определяются стандартами:

- AS/EN/JISQ 9100 «Quality Management Systems – Requirements for Aviation, Space and Defense Organizations»;
- ДСТУ ISO 9001:2015 «Системы управління якістю. Вимоги»;
- ECSS-M-ST-80C «Space project management – Risk management».

Соответствие требованиям этих стандартов в значительной степени увеличивает доверие иностранных заказчиков к продукции и услугам, предоставляемым отечественными предприятиями.

Однако в настоящее время отсутствует методология менеджмента метрологическими рисками, возникающими на различных этапах создания продукции авиационного, космического и оборонного назначения.

Целью доклада является идентификация перечня метрологических рисков, их детальное описание, управление такими рисками. К перечню метрологических рисков можно отнести такие, как: недостаточная точность (достоверность) измерений по ключевым характеристикам изделия; экономические потери из-за погрешностей измерения; несоответствие конструкторской, технологической и отчетной документации требованиям метрологического обеспечения; использование неповеренных/некалиброванных/неаттестованных средств измерительной техники и испытательного оборудования; несоответствие метрологического обеспечения требованиям тактико-технического и технических заданий; несоответствие параметров применяемых средств измерительной техники, испытательного оборудования требованиям технического задания, программ и методик испытаний, технических условий; несоответствие качества и объема измеряемой информации при изготовлении, наземно-экспериментальной отработки и летных испытаний; браковка средств измерительной техники при проверке/калибровке/аттестации.

Основными задачами управления метрологическими рисками являются: идентификация рисков, определение категории тяжести последствий, определение уровня вероятности возникновения риска, определение значения риска, выбор способов и методов управления рисками.

ЩОДО ДЕЯКИХ АСПЕКТІВ КАЛІБРУВАННЯ ТА ПОВІРКИ

Колбасін О. І.
Харків, Україна

Keywords: metrology, calibration, verification.
Ключові слова: метрологія, калібрування, повірка.

Анотація

Наближення метрологічної системи України до міжнародних стандартів поставило низку питань щодо практичного застосування таких сфер метрологічної діяльності, як калібрування та повірка.

Так, повірка та калібрування з технічної точки зору мають багато спільного, але досить сильно відрізняються з правової точки зору. Калібрування має більш широку та більш гнучку сферу застосування, але потребує від власника засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) більшої «підкованості» в питаннях метрології. Повірка як процес визначення якості ЗВТ виявилася тепер більш зарегульованою.

Аналізуються спільні та відмінні аспекти калібрування та повірки, питання термінології, а також обговорюються різні трактування міжнародних стандартів щодо згаданих напрямків метрології.

СЕРИЯ СТАНДАРТОВ ДСТУ EN 1434 «ТЕПЛОСЧЁТЧИКИ» КАК ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Зайцева Е. А., Чередниченко С. В., Грищенко Е. Н.
Киев, Украина

Keywords: conformity assessment, heat meters, tests.
Ключевые слова: оценка соответствия, теплосчётчики, испытания.

Аннотация

В соответствии с техническим регламентом средств измерительной техники, средства измерительной техники (СИТ) могут быть представлены на рынке и введены в эксплуатацию только в случае, если они соответствуют названному техническому регламенту. Презумпцией соответствия СИТ существенным и особым требованиям технического регламента является соответствие их национальным стандартам, перечень которых утверждается в соответствии с законом. Приказом Минэкономразвития Украины от 13.09.2016 № 1512 в качестве доказательной базы соответствия теплосчётчиков техническому регламенту утверждена серия стандартов ДСТУ EN 1434:2014 «Теплосчётчики». Отличием от редакции 2006 года является введение испытаний преобразователей температуры совместно с гильзами, а также требований к воспроизводимости и сходимости результатов измерений. Устанавливаются также требования к идентификации и защите программного обеспечения.

Уточнены метрологические характеристики теплосчётчиков, установлены пределы допускаемой погрешности преобразователя расхода класса точности 1: $\pm (1 + 0,01 \cdot q_p / q) \%$, но в пределах $\pm 3,5 \%$.

При проверке на электромагнитную совместимость добавлены испытания на устойчивость к электромагнитному полю, вызванному цифровым радиооборудованием, к радиочастотной амплитудной модуляции.

Введено испытание на устойчивость преобразователя расхода к возмущениям потока и указаны характеристики теплосчётчика и режимы течения потока воды в трубопроводе, при которых это испытание не проводится.

Требования к теплосчётчикам, установленные в новой редакции стандарта, ведут к повышению достоверности измерений, выполняемых с их помощью.

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕКЛАДУ
НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

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

Keywords: translation, harmonization, metrology, national standard, European standard, terminology, normative documentation.

Ключові слова: переклад, гармонізація, метрологія, національний стандарт, європейський стандарт, термінологія, нормативна документація.

Анотація

Наразі в Україні продовжується складний та неоднозначний процес гармонізації законодавства, норм, правил, стандартів та процедур з оцінки відповідності. Одним із найважливіших аспектів цього дійства є нормативне забезпечення впровадження європейських директив шляхом розроблення національних стандартів, гармонізованих із європейськими.

Визначено проблеми науково-технічного перекладу на прикладах англomовної нормативної документації.

Розглянуто низку впливових факторів щодо якості перекладів. Серед них можна виділити багатозначність термінології, складність технічного сприйняття загальноживаних варіантів перекладу, лаконічність технічного тексту, складнощі узгодження перекладу з термінологією різних сфер науки і техніки тощо.

Наведено декілька показових прикладів неадаптованості в існуючих перекладах нормативної документації.

ПЕРЕВІРКА КВАЛІФІКАЦІЇ ЛАБОРАТОРІЙ В УКРАЇНІ

Коржов І. М.
Харків, Україна

Keywords: proficiency testing, EN ISO/IEC 17043, coordinator, provider.

Ключові слова: перевірка кваліфікації, EN ISO/IEC 17043, координатор, провайдер.

Анотація

Перевірка кваліфікації (proficiency testing) – ефективний інструмент зовнішньої оцінки якості метрологічних робіт та підтвердження поточної компетентності лабораторії. Перевірка кваліфікації виявляє недоліки в роботі лабораторії та дозволяє провести верифікацію і валідацію методик калібрування та методик вимірювання, підвищує довіру замовників до результатів метрологічних робіт, забезпечує конкурентоспроможність на ринку метрологічних послуг.

Участь у перевірці кваліфікації є необхідною умовою відповідності лабораторії ДСТУ ISO/IEC 17025 (п. 5.9), що визначено у ДСТУ ISO/IEC 17011 (п. 7.15) та оформлено у вигляді концепції та політики Національного агентства з акредитації України: «Концепція оцінювання компетентності випробувальних лабораторій на основі результатів участі в МПР» та «Політика НААУ щодо участі органів з оцінки відповідності у перевірках кваліфікації». Також результати участі враховуються при оцінюванні стану вимірювань на відповідність ДСТУ ISO 10012.

Згідно з ДСТУ EN ISO/IEC 17043, перевірку кваліфікації реалізує координатор. Реалізація перевірки кваліфікації здійснюється шляхом участі лабораторії в програмах перевірки кваліфікації. ДП «Харківстандартметрологія», як провайдер перевірки кваліфікації, та Відділ прикладної метрології вимірювальних систем і процесів (ВСП), як координатор перевірки кваліфікації, регулярно проводять програми перевірки кваліфікації за такими напрямками, як калібрування (39 програм) та випробовування (4 програми). Більш детальну інформацію про програми перевірки кваліфікації, а також умови участі наведено на офіційній веб-сторінці (<http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23/>).

У період із 2016 р. по червень 2018 р. було реалізовано більше 20 турів програм перевірки кваліфікації, в яких узяли участь понад 50 організацій з усієї України. Для незалежного підтвердження своєї компетенції у проведенні робіт із перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія» як провайдер перевірки кваліфікації першою в Україні проходить акредитацію в НААУ на відповідність ДСТУ EN ISO/IEC 17043.

DETERMINATION OF THE ABSORBED ACOUSTIC ENERGY IN SOLUTIONS OF TABLE SALT AND SODIUM CHLORIDE

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСТВОРАХ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ И ХЛОРИДА НАТРИЯ

Юрченко О. И., Черножук Т. В., Бакланова Л. В., Бакланов А. Н.
Харьков, Украина

Keywords: ultrasound, acoustic energy, sodium chloride, sodium chloride, sonoluminescence.
Ключевые слова: ультразвук, акустическая энергия, поваренная соль, хлорид натрия, сонолюминесценция.

Аннотация

Нами предложен метод сонолюминесценции для определения поглощенной анализируемым раствором акустической энергии (ПАЭ) в растворах поваренной соли и хлорида натрия. При воздействии ультразвука (УЗ) на воду и водные растворы возникает слабое свечение жидкости, называемое сонолюминесценцией. Причем установлено, что для воды и водных растворов некоторых веществ, в частности ацетона, люминола, формиата натрия, зависимость потока сонолюминесценции от интенсивности УЗ имеет линейный характер для интенсивностей $УЗ \geq 0,8 \text{ Вт/см}^2$. Экспериментально определена зависимость потока сонолюминесценции от интенсивности УЗ в растворах хлорида натрия и поваренной соли. При интенсивностях УЗ до $0,9 \dots 1,0 \text{ Вт/см}^2$ эта зависимость носит параболический характер, а при интенсивностях $УЗ \geq 0,9 \dots 1,0 \text{ Вт/см}^2$ – линейный характер. Полученные результаты хорошо коррелируются с результатами определения интенсивностей УЗ методом сравнительной калориметрии. При увеличении концентрации хлорида натрия в растворах величина потока сонолюминесценции возрастает. Но, поскольку определение ПАЭ с последующим расчетом интенсивности УЗ проводили сравнительным калориметрическим методом по растворам хлорида натрия с такой же концентрацией, как и при использовании метода сонолюминесценции, то полученные результаты совпадали в пределах погрешности опыта ($\pm 0,02 \text{ Вт/см}^2$). Влияние же на величину потока сонолюминесценции до 10 % примесей других солей (кроме хлорида натрия) оказалось незначительным, что позволяет использовать метод сонолюминесценции для определения ПАЭ и интенсивности УЗ для растворов различных видов поваренной соли.

Установлено влияние интенсивности ультразвука на скорость накопления пероксида водорода в воде и растворах хлорида натрия. При этом наблюдается линейная зависимость при высоких интенсивностях УЗ и параболическая – при низких интенсивностях $УЗ \geq 0,9 \dots 1,0 \text{ Вт/см}^2$. Однако на скорость накопления H_2O_2 под действием УЗ оказывают значительное влияние не только интенсивность УЗ, но и наличие примесей. В связи с чем использование скорости накопления пероксида водорода в системе для определения ПАЭ считаем нецелесообразным.

Таким образом, предложен метод определения поглощенной акустической энергии, основанный на измерении потока сонолюминесценции. От классического метода сравнительной калориметрии он отличается меньшей трудоемкостью и большей экспрессностью.

WITHIN-LABORATORY QUALITY CONTROL OF CALIBRATION RESULTS

ВНУТРІШНЬОЛАБОРАТОРНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ

Васильєва В. Г., Примакова Г. А., Домненко Л. М., Меженський А. О.
Київ, Україна

Keywords: precision, within-laboratory precision, repeatability.
Ключові слова: прецизійність, внутрішньолабораторна прецизійність, повторюваність.

Анотація

Однією з головних вимог до лабораторій, які претендують на акредитацію відповідно до ДСТУ ISO/IEC 17025 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій», є питання внутрішньолабораторного контролю якості результатів вимірювання (випробування). На сьогодні немає єдиного підходу до питання внутрішньолабораторного контролю якості результатів калібрування, тому калібрувальна лабораторія може сама створити метод внутрішньолабораторної оцінки якості результатів калібрування.

Запропонований метод полягає у визначенні внутрішньолабораторної прецизійності та повторюваності за допомогою дисперсійного аналізу. Для формування вибірки з метою подальшої статистичної обробки результатів два оператори через зазначений проміжок часу проводять калібрування засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) упродовж не менше ніж п'яти днів.

Отримані у калібрувальній лабораторії статистичні оцінки: проміжна прецизійність із впливовими факторами «час» та «оператор» і повторюваність, порівнюють, використовуючи критерій узгодженості Пірсона (χ^2), з вимогами виробника (які зазначені в технічній документації ЗВТ або у свідоцтві первинного калібрування) та роблять висновок щодо прийнятності результатів калібрування.

Результати проведеного дослідження дають змогу оцінити кваліфікацію операторів та умов, у яких проводять калібрування в даній калібрувальній лабораторії.

DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY IN THE EUROPEAN METROLOGY CLOUD

Peters D., Yurchenko A., Wetzlich J., Dohlus M., Thiel F.
Berlin, Germany

Keywords: blockchain, directed acyclic graphs, hashgraphs, software in legal metrology, European Metrology Cloud.

Abstract

Distributed Ledger Technology (DLT) became popular with the blockchain approach in the cryptocurrency Bitcoin, where it is used to maintain a public list of all transactions. It is assumed that the use of a blockchain as a cryptocurrency, or in general for financial services, was just the first stage. The next stages began with the integration of smart contracts for decentralized autonomous organizations (DAOs). It is said, that by the use of DAOs many benefits for the public sector will emerge. In this paper, DLT applications are analyzed for measuring instruments under legal control, upholding all guidelines of the OIML D 31 and the WELMEC 7.2 Software Guide. In general these documents state that misbehavior of a measuring instrument should be logged, and that manipulation of the logbook should not be possible. Additionally, measuring results should be mappable to transactions, at least for a reasonable period of time and parameters which define metrological characteristics of a measuring instrument should be changeable only if allowed. All these points can be fulfilled by DLT. Therefore, it is expected that DLT solutions will be adapted to measuring instruments in the future, because the demand for secure audit trails will raise.

In general, promising areas of application in legal metrology are being discussed in this paper, like a decentralized audit trail to log software updates and hinder uncertified manipulations, the complete automation of the legally supervised update mechanism by smart contracts, or an alternative to public key infrastructures. Additionally, the European Metrology Cloud, a new project in Europe, is described and the important questions which arise for DLT in this context are being answered, like how can embedded devices handle the huge amount of data; and are there other alternatives to Proof-of-Work and Proof-of-Stake algorithms or even to the blockchain approach itself, e.g. Directed Acyclic Graphs or Hashgraphs?

MAIN ACHIEVEMENTS OF UKRAINE IN INTERNATIONAL METROLOGY FIELD

ОСНОВНІ ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНИ НА МІЖНАРОДНІЙ МЕТРОЛОГІЧНІЙ АРЕНІ

Неежмаков П. І., Буняєва Ю. Ю.
Харків, Україна

Keywords: Metre Convention, CIPM MRA, BIPM, CGPM, KCDB, COOMET, EURAMET, international cooperation, comparisons, CMC.

Ключові слова: Метрична конвенція, Угода CIPM MRA, BIPM, CGPM, KCDB, COOMET, EURAMET, міжнародне співробітництво, звірення, СМС.

Анотація

Наведено основні результати метрологічної діяльності України та досягнення на шляху до міжнародного визнання і приєднання до Метричної конвенції та набуття статусу держави-члена Міжнародного бюро мір та ваг (BIPM).

Описано основні положення Угоди про взаємне визнання національних еталонів, сертифікатів калібрування та вимірювань, які видаються національними метрологічними інститутами (CIPM MRA), історію її виникнення, цілі, ролі та обов'язки підписантів.

Проаналізовано вплив Угоди CIPM MRA на розвиток метрологічної системи України. Досліджено активність та результати участі наукових метрологічних центрів України у реалізації Угоди CIPM MRA. Наведено ілюстративні матеріали з бази даних ключових звірень BIPM (KCDB).

Надано інформацію щодо головних переваг від повного членства у BIPM та запропоновано завдання для досягнення рівня країн-лідерів.

EXTENSION OF THE CONCEPT OF MEASUREMENT IN THE AREA OF NON-PHYSICAL QUANTITIES, ESPECIALLY THE QUALITY OF SERVICES

РОЗШИРЕННЯ ПОНЯТТЯ ВИМІРЮВАННЯ НА СФЕРУ НЕФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН, ЗОКРЕМА НА ЯКІСТЬ ПОСЛУГ

Ярмолюк О., Гоц Н. Є.
Львів, Україна

Keywords: measurement, non-physical quantity, quality of services.

Ключові слова: вимірювання, нефізична величина, якість послуг.

Анотація

Зміни, які впроваджені новим Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність», розширюють сфери застосування методів метрології, зокрема на сферу оцінювання нефізичних величин (НФВ). Ці зміни стосуються основоположних понять метрології, таких як «вимірювання» та «вимірювана величина». На сьогодні вимірюванням можуть підлягати не лише фізичні величини, але й величини нефізичного характеру. При цьому під фізичною величиною розуміємо властивість, спільну в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів, явищ і процесів та індивідуальну в кількісному відношенні для кожного з них. Під НФВ – нематеріальну властивість, загальну в якісному відношенні для багатьох об'єктів і явищ оточуючого нас матеріального та духовного світу, але в кількісному відношенні – індивідуальну для кожного з них. У випадку НФВ говорять про визначення чи оцінювання значення величин, як встановлення ступеня відповідності параметрів об'єкта відповідно до встановлених вимог або визначення величини, що характеризує якісний показник об'єкта за встановленими правилами. Застосування поняття вимірювання НФВ вказує на можливість поширення поняття вимірювання на сферу надання послуг, а саме вимірювання показників якості у сфері послуг та кількісне оцінювання якості послуг. Послуга – це результат взаємодії постачальника із замовником та внутрішньої діяльності постачальника щодо задоволення потреб замовника. Перелік показників якості послуги – це перелік якісних і кількісних характеристик, що забезпечують можливість оцінки рівня якості послуг.

Кількісні параметри включають до себе показники, які визначаються на основі даних статистичного опрацювання даних про послугу. Ці параметри доцільно використовувати при плануванні, виборі його параметрів та прийнятті рішень, коли вже сформовані необхідні гіпотези щодо поведінки споживачів. Застосування кількісних параметрів знижує ризик прийняття неправильних рішень. Їх застосування доцільне у випадках оцінювання об'ємів ринку послуг, структури пропозиції і попиту; оцінювання ефективності різних напрямків діяльності компанії з підтримки і просування якісної послуги; ефективності

впровадження методів обслуговування; реакції споживачів щодо дій виробника. Якісні параметри дозволяють оцінити як результати надання послуги, так і сам процес її надання. Ці параметри допомагають оцінити ступінь задоволеності споживачів послуги. Їх застосовують при дослідженні моделей споживання, купівельної поведінки; ступеня задоволеності послугами. Оцінювання якості послуг має базуватися на поєднанні оцінювання кількісних та якісних характеристик послуг. Тільки на основі даних системного вивчення інформації про результати оцінювання якості послуг, наданих організацією, отриманої за результатами моніторингу, вимірювань та аналізу узагальненого, групових та окремих показників якості, доцільно приймати рішення про подальші методи вдосконалення послуг залежно від поставлених цілей. Результати оцінювання якості послуги повинні використовуватися для планування необхідного вдосконалення, інновацій та додаткового навчання персоналу, а також застосовуватися для оцінювання раніше виконаних заходів із поліпшення.

СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ ВЕЛИЧИНИ

NEW SI: AMPERE REDEFINITION AND RESTRUCTURING OF THE SYSTEM OF ELECTRIC UNITS STANDARDS

НОВА SI: ПЕРЕВИЗНАЧЕННЯ АМПЕРА І ПЕРЕБУДОВА СИСТЕМИ ЕТАЛОНІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ОДИНИЦЬ

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

Keywords: SI system, New SI, quantum effects, electrical measurements, amps, volts, ohms, standards, fundamental constants.

Ключові слова: система SI, нова SI, квантові ефекти, електричні вимірювання, ампер, вольт, ом, еталони, фундаментальні сталі.

Анотація

Вже більше 30 років минуло від часу відкриття квантового ефекту Холла, більше 40 років — від часу відкриття ефекту Джозефсона, за якими сьогодні відтворюються ом, вольт та ампер, а формулювання електричних одиниць, зокрема ампера, досі прив'язано до магнітної проникності μ_0 і механічних одиниць та явищ.

Нова SI, в якій ампер, нарешті, буде визначатися через фіксоване значення елементарного заряду, ставить усе на свої місця. Буде покінчено з подвійністю, яка існує в електричних вимірюваннях, де в офіційній SI визначення ампера формулюється певним чином, а на практиці давно відтворюється по-іншому — через квантові ефекти.

В доповіді буде показано, що нове визначення ампера дозволяє перебудувати всю систему електричних одиниць і, відповідно, еталонів, прив'язавши їх за допомогою макроскопічних квантових ефектів до фундаментальних сталей, які в новій SI одержують точні (фіксовані) значення.

THE MAIN PROBLEMS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD STRENGTH STANDART DEVELOPMENT

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ЕТАЛОНА НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Васильєва О. М.
Харків, Україна

Keywords: strength of electromagnetic field, antenna, uncertainty of measurements.
Ключові слова: напруженість електромагнітного поля, антена, невизначеність вимірювань.

Анотація

Мета науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи – забезпечення єдності вимірювань в Україні в галузі вимірювань одиниці напруженості електромагнітного поля шляхом створення державного первинного еталона одиниці. Предметом роботи є створення комплексу апаратури для забезпечення можливості високоточного визначення напруженості електромагнітного поля, можливості проведення калібрування найсучаснішої апаратури НВЧ-діапазону, в тому числі антен і вимірювачів напруженості електромагнітного поля. Проблеми метрологічного забезпечення радіоелектронних систем і підвищення достовірності вимірювань в області надвисоких частот діапазону довжин радіохвиль визначають необхідність подальшого розвитку системи метрологічного забезпечення вимірювань в НВЧ-діапазоні. Особливе значення це має для антенних вимірювань, метрологічне забезпечення яких в Україні майже відсутнє і потребує подальшого розвитку. Створення еталона напруженості електромагнітного поля у діапазоні 0,01 МГц – 43 ГГц найтіснішим чином пов'язане з наявністю в ННЦ «Інститут метрології» державних первинних еталонів одиниці потужності електромагнітних коливань у коаксіальних і хвилеводних трактах ДЕТУ 09-06-05 і ДЕТУ 09-04-96, еталона електричної напруги змінного струму ДЕТУ 09-05-04. У роботі розглянуто перелік вимірювальної апаратури, що необхідний для створення еталона, математичну модель розподілу електромагнітного поля в еталонній установці та основні джерела невизначеності вимірювань напруженості електромагнітного поля.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕТАЛОНА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ

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

Keywords: standard, electrical resistance, resistance measure.
Ключові слова: еталон, електричний опір, міра опору.

Анотація

В державному первинному еталоні одиниці електричного опору ДЕТУ 08-02-98 (після його модернізації у 2016 р.) реалізація одиниці опору здійснюється за допомогою квантового ефекту Холла. Але ця процедура отримання одиниці може відбуватися лише 1–2 рази на рік через застосування рідкого гелію (який має досить високу вартість) у відносно великих обсягах (витрати гелію становлять приблизно 170 л протягом 2–3 робочих діб).

Реалізоване у квантовій холлівській мірі МІ 6800А значення опору 12906,4035 Ом передається до еталонної міри SR-103 номіналом 1000 Ом із застосуванням моста-компаратора постійного струму МІ AccuBridge.

Подальше передавання одиниці опору від міри SR-103 практично здійснюється з використанням системи зберігання еталона, яка складається з групових мір електричного опору. Саме вони забезпечують стабільність значення одиниці, що реалізується в еталоні, в той час, коли квантова міра не експлуатується.

В національному еталоні опору ДЕТУ 08-02-98 застосовуються три різномінальні групові міри: перша складається з шести мір типу МС 3005 номіналом 1 Ом, друга – з шести мір типу МС 3006 номіналом 100 Ом та третя – з шести мір типу МС 3020 номіналом 10000 Ом. Крім того, до системи зберігання входять дві перехідних міри МС 3018 номіналом 10 та 1000 Ом.

Температурний режим мір опору забезпечується за допомогою рідинного та повітряного термостатів.

Досить велика кількість мір опору потребує вельми значного часу на ретельне дослідження характеристик групових мір. Однак наявність у складі еталона моста МІ AccuBridge та матричного сканера моделі МІ 4210А з доданим до нього програмним забезпеченням дозволила значною мірою автоматизувати процес вимірювань. Крім того, з'явилася можливість спростити оцінювання температурних коефіцієнтів мір опору.

Дослідження системи зберігання, що проводяться на еталоні, дозволяють актуалізувати оцінки стабільності та температурних коефіцієнтів групових мір опору й використовувати їх для оцінки невизначеності вимірювань при калібруванні засобів вимірювань опору на державному еталоні.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В КАМЕРІ GTEM-1500

Макаров О. В., Васильєва О. М., Міщенко М. О.
Харків, Україна

Keywords: intensity of electromagnetic field, GTEM-chamber, antenna measurements.

Ключові слова: напруженість електромагнітного поля, GTEM-камера, антенні вимірювання.

Анотація

Проблеми метрологічного забезпечення радіоелектронних систем і підвищення достовірності вимірювань в області надвисоких частот радіохвиль визначають необхідність подальшого розвитку системи метрологічного забезпечення вимірювань у діапазоні НВЧ. Особливе значення це має для антенних вимірювань, метрологічне забезпечення яких в Україні майже відсутнє і потребує подальшого розвитку.

Наразі в ННЦ «Інститут метрології» проводиться науково-дослідна та дослідно-конструкторська робота «Створення державного первинного еталона одиниці напруженості електромагнітного поля у діапазоні частот від 0,01 МГц до 43 ГГц». Зарезультатами досліджень пропонується еталон одиниці напруженості електромагнітного поля створити у вигляді двох еталонних установок у різних діапазонах частот. Перша еталонна установка відтворюватиме одиницю електромагнітного поля у діапазоні частот від 10 кГц до 18 ГГц на базі GTEM-камери, друга – у діапазоні частот від 18 до 43 ГГц на базі напівбезлунневої камери.

Значення відтворюваної напруженості електромагнітного поля в GTEM-камері можна розрахувати за формулою:

$$E = k_{GTEM} * \sqrt{P_{GTEM}},$$

де k_{GTEM} – калібрувальний коефіцієнт GTEM-камери, який залежить від частоти електромагнітного поля та місцеположення давача поля.

Калібрувальний коефіцієнт k_{GTEM} визначається за результатами моделювання електромагнітного поля в GTEM-камері й експериментально перевіряється при дослідженні камери за допомогою еталонного давача напруженості поля. У доповіді автором буде розглянуто результати моделювання розподілу електромагнітного поля в GTEM-камері та експериментальних досліджень, що були проведені в межах роботи зі створення еталона напруженості електромагнітного поля.

IMPLEMENTATION OF THE OF THREE ANTENNA METHOD FOR DETERMINING OF THE EFFECTIVE ANTENNA AREA OF THE REFERENCE ANTENNAS OF THE NATIONAL STANDARD FOR THE UNIT OF POWER FLUX DENSITY NE RB 26-15

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ТРЕХ АНТЕНН ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ ЭТАЛОННЫХ АНТЕНН НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ НЭ РБ 26-15

Волынец А. С.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: three antennas method, effective antenna area, power flux density, microwave measuring path, mismatch, non-excluded systematic error.

Ключевые слова: метод трех антенн, эффективная площадь антенны, плотность потока энергии, СВЧ измерительный тракт, рассогласование, неисключенная систематическая погрешность.

Аннотация

Значение погрешности эффективной площади эталонной антенны зависит от метода её определения и точностных характеристик применяемого при этом оборудования. Существуют следующие методы определения эффективной площади: метод эталонной антенны, метод эталонного поля, методы двух и трех антенн. При реализации первых двух методов необходимо наличие эталонной антенны с известным коэффициентом усиления (эффективной площадью). Такие измерения могут быть выполнены метрологическими службами, располагающими более высокоточными эталонами, например, ВНИИФТРИ с использованием государственного первичного эталона единицы плотности потока энергии электромагнитного поля ГЭТ 160-2006 (РФ). Относительная погрешность результатов измерений эффективной площади с применением первых двух методов может составлять от 7 до 12 %.

Реализация второго и третьего метода основана на формуле передачи в свободном пространстве, в соответствии с которым для системы с двумя антеннами (излучающей и приемной), расположенными на некотором расстоянии друг от друга, мощность, принимаемая на согласованной нагрузке, подключенной к приемной антенне, определяется как

$$P_r = P_o \cdot G_A \cdot G_B \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot R} \right)^2,$$

где P_r – принятая измерительной антенной мощность, P_o – мощность, подведенная к передающей антенне, G_A – коэффициент усиления по мощности передающей антенны и G_B – коэффициент усиления по мощности приемной

антенны. Эта формула передачи неявно предполагает, что антенны подобраны по их поляризации и ориентации.

Формула передачи в свободном пространстве может быть записана в логарифмической форме:

$$(G_A)_{dB} + (G_B)_{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - 10 \cdot \log \left(\frac{P_o}{P_r} \right).$$

Метод двух антенн предполагает, что две антенны идентичны, тогда и их коэффициенты усиления равны:

$$(G_A)_{dB} = (G_B)_{dB} = \frac{1}{2} \cdot \left[20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - 10 \cdot \log \left(\frac{P_o}{P_r} \right) \right].$$

Процедура определения коэффициента усиления по мощности антенн сводится к измерению R , λ , P_o и P_r , а затем вычисления $(G_A)_{dB}$.

Если антенны А и В не являются идентичными, то требуется третья антенна для определения коэффициентов усиления.

Для метода трех антенн выполняется три набора измерений с использованием всех комбинаций трех антенн. Результатом является система из трех совместных уравнений, из которых будет определен коэффициент усиления (эффективная площадь):

$$(G_A)_{dB} + (G_B)_{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - 10 \cdot \log \left(\frac{P_o}{P_r} \right)_{AB}; \quad (G_A)_{dB} + (G_B)_{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - 10 \cdot \log \left(\frac{P_o}{P_r} \right)_{AC}; \\ (G_A)_{dB} + (G_B)_{dB} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - 10 \cdot \log \left(\frac{P_o}{P_r} \right)_{BC}.$$

Относительная погрешность результатов измерений эффективной площади с применением метода трех антенн может достигать 1–3 %. Особенностью реализованной в БелГИМ методики является учет погрешности рассогласования в СВЧ измерительном тракте при проведении измерений, что позволило достичь высоких точностных результатов.

MEASUREMENT OF THE CHARACTERISTICS OF PROTECTIVE SCREENS OF THE MICROWAVE RADIATION, WHICH ARE USING THIN CONDUCTIVE FIBERS

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТОНКИЕ ПРОВОДЯЩИЕ ВОЛОКНА

Кокодий Н. Г.
Харьков, Украина

Keywords: microwave radiation, screen, extinction, fiber.

Ключевые слова: микроволновое излучение, экран, ослабление, волокно.

Аннотация

При работе с микроволновым излучением необходимо принимать меры для защиты от воздействия этого излучения. Для этого используются различные защитные экраны, поглощающие и отражающие излучение. Экранирующие покрытия применяются и для уменьшения отражения излучения от объектов с целью их маскировки. В этом случае используются или хорошо поглощающие и мало отражающие излучение покрытия, или жесткие экраны с формой, которая способствует рассеянию излучения во все стороны, так что в сторону источника рассеяние мало. Используются также объемные покрытия, в которых излучение испытывает многократные отражения и поэтому ослабевает. Такие экраны очень сильно ослабляют излучение. Но их недостаток – большая толщина. Поэтому гибкие конструкции здесь невозможны.

В поглощающих покрытиях обязательно присутствуют проводящие элементы – пленки, волокна. Возбуждаемые в них излучением токи требуют затраты энергии, которая отбирается от излучения, так что последнее ослабевает. В гибких экранах это обычно тонкие металлические нити в тканевой или полимерной основе. Недостаток материала микропровода – высокая электропроводность. Трикотажные полотна с микропроводом подавляют электромагнитное излучение в основном за счет отражения, что плохо сказывается при необходимости маскировки объектов.

В исследованиях, проведенных в Харьковском национальном университете имени В.Н. Каразина, был обнаружен эффект аномально большого поглощения СВЧ излучения очень тонкими проводящими волокнами. Эффективное сечение поглощения таких волокон может в несколько сотен раз превышать геометрическое сечение. Этот эффект использован для создания гибких защитных экранов сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн электромагнитного излучения. В докладе сообщается о методах измерения поглощения и отражения экранов с использованием волноводной и квазиоптической техники.

SMALLTWO DIODE POWER SUMMER BASED ON PLANAR DIELECTRIC RESONATOR

МАЛОГАБАРИТНИЙ ДВОДІОДНИЙ СУМАТОР ПОТУЖНОСТІ НА ОСНОВІ ПЛАНАРНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЗОНАТОРА

Когут О. Є., Кузмичев І. К., Еременко З. Є., Доля Р. В., Васильєва О. М.
Харків, Україна

Keywords: radiation power, dielectric resonator, Hann generator, phase noise, frequency synchronization.

Ключові слова: потужність випромінювання, діелектричний резонатор, генератор Ганна, фазовий шум, частотна синхронізація.

Анотація

Одним із найбільш актуальних завдань сучасної радіофізики є підвищення потужності безперервного випромінювання, що генерується твердотільними активними елементами. Одним зі способів рішення цього завдання є підсумовування потужностей окремих твердотільних діодів. При цьому необхідне виконання взаємної фазової та частотної синхронізації коливальних, що генеруються окремими діодами, і досягнення їх ефективного електромагнітного зв'язку з резонансною системою.

Для вирішення цих питань запропоновано використання малогабаритного планарного дискового діелектричного резонатора (ДР) на азимутальних коливаннях типу «шепечуча галерея» (ШГ). Планарний ДР являє собою тонкий у порівнянні з робочою довжиною хвилі діелектричний диск (лейкосапфір, радіус 20 мм, висота 0,7 мм), розташований плоскими сторонами між двома металевими дзеркалами, які служать базою для розташування випромінюючих модулів. Останні в роботі були представлені генераторами Ганна хвилеводно-коаксіальної конструкції.

Проведеними дослідженнями було встановлено, що досягається ефективне підсумовування потужностей двох генераторів Ганна з коефіцієнтом підсумовування 0,89. Максимальна потужність вихідного сигналу на частоті 29,25 ГГц становила близько 150 мВт. Крутизна електронного перестроювання частоти не перевищувала 2 МГц/В. Короткочасна нестабільність частоти була не гірше 5×10^{-6} . Рівень фазових шумів становив мінус 90 дБ/Гц при відстроюванні від несучої на 5 МГц.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЧАСТОТИ ГЕНЕРАТОРА ГАННА ПЛАНАРНИМ ДІЕЛЕКТРИЧНИМ РЕЗОНАТОРОМ

Когут О. Є., Кузмичев І. К., Еременко З. Є., Доля Р. В., Васильєва О. М.
Харків, Україна

Keywords: radiation power, dielectric resonator, Hann generator, instability of generator frequency.

Ключові слова: потужність випромінювання, діелектричний резонатор, генератор Ганна, нестабільність частоти генератора.

Анотація

Одним із застосувань дискових діелектричних резонаторів (ДДР) у техніці міліметрових хвиль є стабілізація частоти твердотільних джерел електромагнітного випромінювання. Однак конструкції таких пристроїв мають більші розміри, в силу великих розмірів ДДР, висота і діаметр яких перевищують довжину хвилі. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є перехід до планарних ДДР, висота яких може бути значно меншою від робочої довжини хвилі. Такі резонансні системи являють собою тонкий діелектричний диск, який своїми плоскими підставами розташований між двома взаємно паралельними металевими провідними площинами. Резонансні властивості планарних ДДР обумовлені повним внутрішнім віддзеркаленням хвиль, що утворюють коливання ШГ, від внутрішньої криволінійної поверхні диска.

Нами було проведено дослідження стабілізації частоти генератора Ганна 8-міліметрового діапазону планарним ДДР. В експерименті генератор Ганна 8-міліметрового діапазону довжин хвиль включається в ланцюг стабілізації частоти, виконаний на основі планарного ДДР за схемою «на відображення». Резонатор являє собою тонкий диск висотою 0,7 мм і діаметром 40 мм, виконаний із лейкосапфіру (Al_2O_3 , $\epsilon \parallel = 11,5$, $\epsilon \perp = 9,3$).

Проведеними дослідженнями було встановлено, що шляхом використання стабілізуючого планарного ДДР вдається знизити крутизну електронної перебудови частоти від 7,3 МГц/В (в разі самостійної роботи генератора Ганна) до 1,6 МГц/В (при використанні планарного ДДР) і досягти короточасної нестабільності частоти не гірше 5×10^{-6} . Втрати потужності на зв'язок із резонатором не перевищують 17 %. Максимальна потужність вихідного сигналу на частоті 35,5 ГГц становила 53 мВт. Довготривала нестабільність частоти генератора забезпечувалася в роботі термостабілізацією.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІОМЕТРИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Вінніченко С. О., Биков С. М., Неварікаша Ю. І.
Харків, Україна

Keywords: radiometric complex, noise generator, radiant temperature, artificial «standards».

Ключові слова: радіометричний комплекс, генератор шуму, температура радіояскравості, штучні «еталони».

Анотація

Радіометричний комплекс являє собою високочутливий радіоприймальний пристрій, який використовується для вимірювання інтенсивності шумового радіовипромінювання від різних об'єктів і фонів. Наразі радіометри широко використовуються при аерокосмічних дослідженнях поверхні Землі та поверхневих об'єктів Землі – рослинності, ґрунтів, водних утворень.

Для інтерпретації радіометричних вимірювань потрібно калібрування, тобто встановлення взаємодозначної відповідності між температурою радіояскравості досліджуваного елемента простору і вихідними показаннями радіометричної системи. Найбільш адекватним методом калібрування є використання набору просторових елементів, точно відповідних просторовій роздільній здатності системи, які володіють різними відомими значеннями температури радіояскравості у діапазоні вимірювання. Застосування такого методу дозволило б експериментально встановити вид залежності між інтенсивністю вихідних показань системи і значеннями відповідних температур радіояскравості, тобто сформувати радіометричну шкалу. Однак практично така процедура важко реалізована.

Для калібрування найзручніше використовувати штучні «еталони», такі як: генератори шуму з прецизійними значеннями температури радіояскравості та матеріал, котрий повністю поглинає на цій хвилі (абсолютно чорне тіло), з температурою радіояскравості, що дорівнює його термодинамічній температурі, яка з високою точністю може бути виміряна по всій поверхні за допомогою температурних давачів і усереднена. У зв'язку з цим задача розробки еталонів для калібрування радіометричних комплексів є важливою і актуальною.

ОСОБЛИВОСТІ КАЛІБРУВАННЯ ВАТМЕТРІВ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ

Неварікаша Ю. І.
Харків, Україна

Keywords: wattmeter, power sensor, calibration factor, effective efficiency.
Ключові слова: ватметр, сенсор потужності, коефіцієнт калібрування, коефіцієнт ефективності.

Анотація

Розглядається можливість і методи калібрування ватметрів надвисоких частот (далі ватметри) в коаксіальних трактах у діапазоні частот від 0,01 МГц до 50 ГГц і в хвильоводних трактах у діапазоні частот від 2,59 до 178,6 ГГц, призначених для вимірювання середнього значення потужності безперервних та імпульсно-модульованих коливань. Проведено аналіз простежуваності одиниці НВЧ потужності від національних первинних еталонів та викладено рекомендації щодо усунення «вузьких» місць при калібруванні ватметрів НВЧ.

ПЕРСПЕКТИВА МОДЕРНІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОГО ЕТАЛОНА НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ В ДІАПАЗОНІ ВІД 30 ДО 1000 МГц

Лагугін Є. Ю.
Харків, Україна

Keywords: AC voltage, electrical measurements, RF signal generators.
Ключові слова: напруга змінного струму, електричні вимірювання, генератор ВЧ сигналів.

Анотація

Електронні вольтметри змінної напруги становлять одну з найчисельніших груп засобів вимірювань. Повірка та калібрування ширококутових вольтметрів із високоомними пробниками для вимірювання середньоквадратичних значень напруги, як правило, здійснюються за допомогою еталонів, якими наразі є атестовані діодні компенсаційні вольтметри ВЗ-49 і ВЗ-63, котрі у свою чергу калібруються на державному первинному еталоні напруги змінного струму. З моменту створення в ННЦ «Інститут метрології» державного первинного еталона напруги змінного струму в діапазоні від 30 до 1000 МГц (ДЕТУ 09-05-04) минуло вже майже 15 років. За цей час значно скоротився парк засобів вимірювальної техніки, що випускалися ще за часів Радянського Союзу із застарілою елементною базою, для повірки яких саме й було розроблено та створено вищевказаний еталон. Скоротився, але не зник. Натомість, тепер на терени України потрапляють сучасні засоби вимірювальної техніки, що виготовляються передовими закордонними виробниками, такими як Rohde & Schwarz, Keysight (ex-Agilent), HAMEG та ін. Ці новітні ЗВТ розроблено з урахуванням нових технологій та потреб споживача. Тож цілком закономірно, що вони потребують удосконалення метрологічної бази для їх калібрування. У доповіді буде показано, що модернізацію еталона може бути виконано за відносно короткий термін при незначних фінансових витратах, але із суттєвим розширенням частотного діапазону відтворення напруги змінного струму, що надасть можливість калібрування сучасних засобів вимірювальної техніки.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНИХ РОБІТ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MET/CAL © Plus V.7

Терещенко М. В.
Харків, Україна

Keywords: calibration, software, productivity, automation of measurement, calibration certificates, protocols.

Ключові слова: калібрування, програмне забезпечення, продуктивність праці, автоматизація вимірювань, сертифікати калібрування, протоколи.

Анотація

Великий обсяг ЗВТ, що потребують метрологічного забезпечення, їх багатофункціональність, зростаюча кількість робіт із калібрування, де необхідні точні обчислення великої кількості складових, зменшення кількості технічних спеціалістів обумовлюють необхідність оптимізації робіт. Програмне забезпечення для керування калібруванням Fluke MET/CAL® Plus, що застосовується при вимірюваннях за допомогою калібратора багатофункціонального Fluke 5520A на РМ 08-27-14, допомагає вирішувати питання калібрування більш ефективно.

Розглянуто можливості програмного забезпечення для керування калібруванням Fluke MET/CAL® Plus для створення звітів (протоколів, свідоцтв, графіків повірки та ін.) та підготування друкованих сертифікатів калібрування.

Наведено графіки підвищення продуктивності праці при використанні програмного забезпечення Fluke MET/CAL® Plus.

Розглянуто відповідність програмного забезпечення стандартам якості, зокрема, ISO 9001, ISO/IEC 17025.

Зроблено висновки щодо необхідності та зручності використання програмного забезпечення, а також доцільності купівлі оновлень програмного забезпечення, що відкриє ще більше можливостей та зменшить час проведення метрологічних робіт.

Наведено деякі недоліки, що присутні при використанні програмного забезпечення.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ НОВОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ

Огар В. І., Папор Р. М.
Харків, Україна

Keywords: FM – frequency modulation, reference, Direct Digital Synthesizers.

Ключові слова: ЧМ – частотна модуляція, еталон, прямиий цифровий синтез.

Анотація

Новий національний еталон одиниці девіації частоти ЧМ коливань України, як і попередній, повинен виконувати процеси калібрування і передавання розміру одиниці, але з кращими метрологічними і технічними характеристиками. В ньому використані сучасні автоматизовані засоби вимірювальної техніки: генератори прямого цифрового синтезу типів 33611 Keysight та 5172B Agilent, електронно-лічильний частотомір Rohde&Schwarz Hameg HM123, аналізатори спектру R&S FSV4 та R&S FSL6, мультиметр Keithley 2000/E, вимірювач модуляції СКЗ-45, генератор ATF20 B. Керувати роботою еталона з передніх панелей вказаних приладів достатньо непродуктивно. Ускладнюється завдання тим, що прилади мають різні інтерфейси для спряжиння з ПЕВМ: USB, GPIB, RS232, LAN. Для вимірювання параметрів і комутації розроблено блок обробки і комутації сигналів, який керується від USB через мікроконтролер «Arduino-nano». Розроблено програму управління від ПЕВМ на основі пакета Labview. Програма дозволяє керувати частотою модуляції і автоматизувати процес встановлення заданих значень девіації частоти. Автоматизовано найбільш точні методи вимірювання девіації частоти – «нулів функції Бесселя», метод «електронно-лічильного частотоміра», процес компарування, вимірювання нелінійних спотворень закону модуляції, зі статистичною обробкою і відображенням на дисплеї ПЕВМ усієї необхідної інформації.

НОВІ МОЖЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЕТАЛОНІВ МОДУЛЬОВАНИХ РАДІОСИГНАЛІВ

Павленко Ю. Ф., Огар В. І., Кирієнко С. Р.,
Харків, Україна

Keywords: AM – amplitude modulation, FM – frequency modulation, PM – phase modulation, reference, Direct Digital Synthesizers.

Ключові слова: АМ – амплітудна модуляція, ЧМ – частотна модуляція, ФМ – фазова модуляція, еталон, прямий цифровий синтез.

Анотація

В існуючих еталонах параметрів модульованих коливань (АМ, ЧМ, ФМ) основними складовими невизначеностей є «паразитні» параметри еталонних сигналів (коефіцієнт гармонік, супутня ФМ при АМ, супутня АМ при ЧМ, шуми). Ці параметри пов'язані з неідеальністю характеристик аналогових генераторів, які традиційно використовуються для формування модульованих радіосигналів.

Але в останні роки набули розвитку цифрові методи формування сигналів, а саме технологія прямого цифрового синтезу. Як показує аналіз, у таких генераторах слід очікувати відсутності або нехтовно малих значень цих паразитних параметрів (крім шумів) через відсутність джерел їх виникнення. Проведені експериментальні дослідження підтверджують ці висновки, що відкриває принципово нові можливості побудови відповідних еталонів у плані метрологічних і функційних характеристик.

ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА АМ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФА

Колбасін О. І.
Харків, Україна

Keywords: measurement, modulation, AM index, modulometer.

Ключові слова: вимірювання, модуляція, коефіцієнт АМ, модулометр.

Анотація

В електротерапевтичній апаратурі медичного призначення застосовують амплітудну модуляцію (АМ). При цьому несучі частоти лежать у діапазоні приблизно від 2 до 10 кГц, а модулюючі частоти – в діапазоні від 10 до 150 Гц. Коефіцієнт модуляції при цьому може досягати 100 %. Як правило, похибка встановлення коефіцієнта АМ у таких приладах сягає 10–15 %.

Калібрування таких приладів за коефіцієнтом АМ стикається з відсутністю спеціалізованих модулометрів у таких діапазонах частот. Хоча треба відзначити, що в країні діє Державний первинний еталон одиниці коефіцієнта амплітудної модуляції високочастотних коливань ДЕТУ 09-02-96 та відповідна державна повірочна схема (ДСТУ 3393-96), однак ця схема розповсюджується на частоти-носії від 10 кГц.

Для вимірювання коефіцієнта АМ можна застосувати традиційний метод вимірювання за допомогою осцилографа, але у відомій автору науково-технічній літературі щодо цього методу, на жаль, не наведено оцінки похибок (невизначеностей) вимірювання.

Метою доповіді є аналіз впливових факторів та оцінка похибки (невизначеності) вимірювань коефіцієнта АМ за допомогою осцилографа. Розглянуто можливі модифікації методу, що підвищують точність вимірювань.

Наведено деякі практичні результати застосування осцилографічного методу у вказаних діапазонах частот.

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОННО-ЛІЧИЛЬНОГО ЧАСТОТОМІРА

Колбасін О. І.
Харків, Україна

Keywords: measurement, modulation, frequency deviation, counter.

Ключові слова: вимірювання, модуляція, девіація частоти, частотомір.

Анотація

Для вимірювання девіації частоти частотно-модульованих (ЧМ) сигналів застосовується так званий метод електронно-лічильного частотоміра. При цьому несуча частота ЧМ сигналу за допомогою перетворювача частоти переноситься на проміжну частоту, близьку до нуля.

В результаті модуль миттєвої частоти отриманого сигналу періодично змінюється від нуля до значення, що дорівнює девіації частоти початкового сигналу, а середнє значення модуля миттєвої частоти виявляється пов'язаним із девіацією через коефіцієнт, що залежить від виду модулюючого сигналу. Наприклад, при синусоїдній модуляції цей коефіцієнт дорівнює $2/\pi$.

Середнє значення модуля миттєвої частоти якраз і вимірюється електронно-лічильним частотоміром (ЕЛЧ). Однак, оскільки ЕЛЧ реагує тільки на переходи сигналу через нуль, то виникає похибка дискретності. Вона залежить у першу чергу від таких факторів, як індекс частотної модуляції, співвідношення проміжної та моделюючої частот, інтервал часу вимірювання. Крім того, похибка вимірювання залежить від відношення амплітуди перетвореного сигналу до величини гістерезису формувача ЕЛЧ, а також від швидкодії формувача.

Оскільки згадані залежності досить складно оцінити аналітично, то для оцінки похибки вимірювань доводиться вдаватися до моделювання процесу вимірювання на комп'ютері.

Розглянуто два підходи до моделювання методу ЕЛЧ на комп'ютері: перший полягає в імітації роботи ЕЛЧ в амплітудно-часовій області, другий – у підрахунку імпульсів за аналізом у фазо часовій області. Наведено відповідні алгоритми та особливості програм обробки даних.

Проаналізовано переваги і недоліки обох підходів стосовно аналізу впливу гістерезису та швидкодії формувача ЕЛЧ на похибку вимірювання, наведено деякі результати моделювання.

ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ МЕДИЦИНСЬКОЇ АПАРАТУРИ

Коробчанська О. І., Васильєва О. М., Сухін В. С.
Харків, Україна

Keywords: medical product, technical regulations.

Ключові слова: медичний виріб, технічний регламент.

Анотація

Ведення Технічних регламентів обумовлено гармонізацією українського законодавства з європейським із метою поступової інтеграції України до Європейського Союзу. На сьогодні в Україні діють такі Технічні регламенти щодо медичних виробів, засновані на відповідних Європейських директивах: Технічний регламент щодо медичних виробів (Постанова КМУ № 753 від 02.10.2013), Технічний регламент щодо медичних виробів для діагностики in vitro (Постанова КМУ № 754 від 02.10.2013), Технічний регламент щодо активних медичних виробів, які імплантують (Постанова КМУ № 755 від 02.10.2013). Медичні вироби можуть бути надані на ринку та/або введені в експлуатацію тільки у разі, коли вони відповідають вимогам Технічних регламентів, які на них поширюються. Наявність маркування знаком СЕ на виробі, наявність сертифіката та/або Декларації відповідності Європейським директивам на медичні вироби не дає прав на розміщення продукції на ринку України без проведення національної процедури. Особливе значення має підтвердження метрологічних характеристик медичної апаратури, яка підпадає під дію Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки (Постанова КМУ № 94 від 03.01.2016), що використовується для дослідження організму людини або під час хірургічного втручання. Розглянуто проблеми метрологічного забезпечення оцінки відповідності апарата для аргон-плазменої коагуляції ERBE ICC 200 та апарата штучної вентиляції легенів Siemens Servo Ventilator 300.

SOME FEATURES OF DSTU EN 50470-3 APPLICATION FOR THE TESTING OF ELECTRICAL ENERGY METERS

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДСТУ EN 50470-3 ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

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

Keywords: Technical regulations, conformity assessment, state standard, energy, electrical energy meters, constant of meter, register, DC and even harmonics in the a.c. current circuit.

Ключові слова: Технічний регламент, оцінка відповідності, державний стандарт, енергія, лічильники електричної енергії, стала лічильника, лічильний механізм, постійний струм та парні гармоніки в колі змінного струму.

Анотація

З метою виробництва і постачання продукції, що відповідає основним вимогам, викладеним у директивах ЄС, в Україні було прийнято Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки. Технічний регламент встановлює вимоги, яким повинні відповідати засоби вимірювальної техніки, призначені для застосування у сфері законодавчо регульованої метрології, коли вони надходять на ринок та вводяться в експлуатацію для виконання завдань, пов'язаних із вимірюваннями.

Оцінка відповідності – це процес доведення того, що суттєві вимоги Технічного регламенту, які стосуються засобів вимірювальної техніки, були виконані.

Описано деякі аспекти використання національних стандартів, гармонізованих із європейськими нормативними документами, при проведенні оцінки відповідності законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки.

Визначено труднощі при перевірці на практиці деяких вимог нормативного документа ДСТУ EN 50470-3 стосовно характеристик лічильників електричної енергії.

Надано рекомендації виробникам приладів для обліку електричної енергії, а також виробникам устаткування для їх випробувань, щодо можливих шляхів подолання зазначених проблем.

EXPERIMENTAL RESEARCH STRUCTURE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE ELECTRO AND HYBRID VEHICLES

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ У ЕЛЕКТРО- ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Макаров О. В., Васильєва О. М., Бажинов О. В., Кравцов М. М.
Харків, Україна

Keywords: electro and hybrid vehicles, electromagnetic field, elektromagnets compatibility.

Ключові слова: електро- та гібридний автомобіль, електромагнітне поле, електромагнітна сумісність.

Анотація

Над підвищенням електромагнітної безпеки електро- і гібридних автомобілів працюють американські (GeneralMotors, Chevrolet, National Highway Traffic Safety Administration), німецькі (VolvoCars, Daimler) та інші компанії світу. При виробництві цих автотранспортних засобів потрібні професійні знання, вміння і досвід, а також приділення великої уваги питанням електромагнітної безпеки. Накопичувачами енергії в гібридних і електромобілях є електрохімічні джерела струму – тягові акумуляторні батареї (ТАБ), що використовуються в цих транспортних засобах.

Перевірку впливу електромагнітного випромінювання електромобіля проведено співробітниками ХНАДУ і ННЦ «Інститут метрології» в кілька етапів. Для їх проведення використано прилад Narda NBM 550 – широкосмуговий вимірювач напруженості електричного і магнітного поля.

СЕКЦІЯ 4. ПРОСТІР І ЧАС

FEATURES OF MODERNIZATION OF THE NATIONAL TIME SYNCHRONIZATION SYSTEM UNDER TIGHTENED REQUIREMENTS TO THE QUALITY OF SYNCHRONIZATION IN MOBILE COMMUNICATION AND POWER ENGINEERING

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ СИНХРОНІЗАЦІЇ В МОБІЛЬНОМУ ЗВ'ЯЗКУ ТА ЕНЕРГЕТИЦІ

Матвієнко М. В., Гайдаманчук В. А.
Київ, Україна

Keywords: time synchronization, timescale, national time standard, GNSS, PTP, time synchronization in LTE / 5G.

Ключові слова: синхронізація часу, шкала часу, національний еталон часу, GNSS, PTP, синхронізація часу для LTE / 5G.

Анотація

Наразі у різних галузях промисловості, енергетики, банківських та корпоративних мережах в Україні все частіше виникає необхідність забезпечення споживачів сигналами синхронізації точних часу та частоти. Це зумовило модернізацію національної системи синхронізації часу з метою комплексного підходу до проблеми розповсюдження сигналів точного часу та частоти.

У доповіді розглядаються особливості модернізації національної системи синхронізації часу в умовах різкого підвищення вимог до якості синхронізації часу в зв'язку, енергетиці та інших важливих сегментах промисловості.

Галузеві (зв'язок, енергетика, фінанси) системи, критичні до точності синхронізації часу та частоти, накопичили значний позитивний досвід зі створення інфраструктури для доставки сигналів синхронізації віддаленим користувачам із гарантованою якістю з урахуванням фактора вразливості прийому GNSS сигналів та необхідності забезпечення відстежуваності до UTC їхніх шкал часу. Аналогічні проблеми досліджуються і вимагають оптимального рішення у процесі модернізації національної системи синхронізації часу України, яка ґрунтується на національному еталоні частоти та часу. Наводяться приклади технічних рішень із доставки сигналів точного часу віддаленим користувачам, що ґрунтуються на сучасних рекомендаціях ITU та IEEE. Ці рішення можуть бути впроваджені з деякими обмеженнями при створенні та модернізації національної мережі синхронізації часу. Подано також варіанти технічних рішень доставки сигналів синхронізації згідно з протоколом РТР від національного еталона частоти та часу до користувачів (клієнтів) на основі високопродуктивного обладнання кращих світових виробників.

Розглянуто приклади типів обладнання синхронізації, які можуть бути ключовими елементами національної системи синхронізації часу та частоти, ґрунтуючись на наявному досвіді з використання різного типу обладнання при вирішенні подібних завдань у сучасних галузевих мережах синхронізації, таких як мобільний зв'язок стандартів LTE/5G та інші.

LAYOUTS OF MODERN ABSOLUTE GRAVIMETERS BASED ON ATOMIC INTERFEROMETERS WITH COLD ATOMS AND THE PROSPECTS FOR THEIR IMPLEMENTATION IN UKRAINE

КОНСТРУКЦІЯ СУЧАСНИХ АБСОЛЮТНИХ ГРАВИМЕТРІВ НА ОСНОВІ АТОМНИХ ІНТЕРФЕРОМЕТРІВ ІЗ ХОЛОДНИМИ АТОМАМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ СТВОРЕННЯ В УКРАЇНІ

Негрійко А. М.¹, Неєжмаков П. І.², Яценко Л. П.¹, Вінніченко О. І.²
Київ¹, Харків², Україна

Keywords: gravity, laser cooling, atomic beam, atomic interferometer.

Ключові слова: гравітація, лазерне охолодження, атомний пучок, атомний інтерферометр.

Анотація

Сучасні абсолютні гравіметри на основі атомних інтерферометрів з ультрахолодними атомами визначають локальне значення прискорення земного тяжіння шляхом прецизійного вимірювання параметрів руху (падіння) вільних атомів у полі тяжіння Землі. Атомні гравіметри вже досягли показників найкращих класичних абсолютних гравіметрів із чутливістю ~ 10 мкГал / Hz^{1/2} (1 мкГал = 10⁻⁸ м/с²) і точністю 5 мкГал. Очікується, що у перспективі ці показники можуть бути перевершені атомними гравіметрами, які мають при цьому такі переваги, як відсутність рухомих частин, здатність до тривалої безперервної роботи, можливість використання у мобільних та польових конструкціях та у системах інерційної навігації.

Основними складовими сучасного атомного гравіметра є джерело атомів, система лазерного охолодження атомів до наднизьких температур у кілька мікрокельвінів, атомний інтерферометр з атомними оптичними елементами (подільниками атомного пучка та дзеркала для атомів), оптоелектронна схема реєстрації сигналу.

У доповіді аналізуються схеми як стаціонарних, так і мобільних конструкцій атомних гравіметрів, створених у провідних наукових центрах світу. Розглядаються фізичні принципи роботи та конструкція окремих складових атомного гравіметра, зокрема, технічні характеристики та будова лазерних систем. Описано конструкцію магніто-оптичної пастки для охолодження атомів та схему атомного пучка, активних та пасивних схем вібро- та акустоізоляції конструкції гравіметра, електронні схеми прецизійного керування параметрами лазерного випромінювання (потужністю, частотою, фазою, поляризацією).

На основі проведеного аналізу оцінюються можливості створення атомних гравіметрів в Україні та пропонуються можливі наукові та технічні підходи до їх розробки.

POSSIBILITIES OF CONSTRUCTION OF TOMOGRAPHIC MEASUREMENTS OF THE ATMOSPHERE STATUS BASED ON THE SIGNALS OF THE GEOSTATIC SATELLITES

МОЖЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТОМОГРАФІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ СТАНУ АТМОСФЕРИ НА ОСНОВІ СИГНАЛІВ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ СУПУТНИКІВ

Мельник С. І., Миценко І. М.
Харків, Україна

Keywords: state of the atmosphere, geostationary satellites, tomography.
Ключові слова: стан атмосфери, геостаціонарні супутники, томографія.

Анотація

Останнім часом широке застосування одержали методи пасивної радіолокації атмосфери, що використовують сигнали геостаціонарних супутників. Зокрема, вирішено задачі визначення швидкості руху хмар, їх вологомісткості та інше. За рахунок великої кількості таких супутників та завдяки створенню сучасних якісних систем боротьби із шумами у деяких випадках вдається побудувати систему розпізнавання та одержання зображень рухомих об'єктів (морських суден, наприклад). При цьому використовується метод пасивної бістатичної ISAR (РЛС з інверсною синтезованою апертурою).

На відміну від цієї задачі, проблема томографії полягає в тому, що сигнали супутників розсіюються не на локальних, а на об'ємних неоднорідностях атмосфери. Тому, користуючись тією ж методикою, можна одержати замість зображення об'єкта розподіл по площині перерізу інтегральних проекцій об'єкта з об'ємним розсіянням ЕМ хвилі.

Це також дає надію на можливість розробки системи томографічного обстеження стану атмосфери. Зокрема, просторового розподілу вологи у хмарах, швидкості руху повітряних мас.

Як відомо з математичної теорії комп'ютерної томографії, вирішення зворотної задачі (одержання зворотних проекцій) можливо за наявності розподілів хоча б у двох різних напрямках. Система геостаціонарних супутників відповідає цим умовам. Але траєкторії інтегрування, по яких одержано кожен із проекцій, відрізняються від прямих ліній, що використовують майже в усіх відомих методах томографічного обстеження.

У доповіді запропоновано методику двоетапного вирішення задачі томографії стану атмосфери на основі сигналів геостаціонарних супутників. Раніше її було використано при вирішенні задачі мікрохвильової мікроскопії. Проаналізовано необхідне для одержання томографічного зображення відношення сигнал-шум.

THE COMPARISONS RESULT OF STATE PRIMARY STANDARDS OF TIME AND FREQUENCY UNITS USING NTP SERVERS

РЕЗУЛЬТАТИ ЗВІРЕНЬ ДЕРЖАВНИХ ПЕРВИННИХ ЕТАЛОНІВ ОДИНИЦЬ ЧАСУ ТА ЧАСТОТИ ЗА ДОПОМОГОЮ NTP-СЕРВЕРІВ

Корецький Е. А.
Харків, Україна

Keywords: time and frequency standard, comparisons, NTP server, clock filter algorithm.
Ключові слова: еталон часу і частоти, звірення, NTP-сервер, алгоритм фільтру годинників.

Анотація

Завданням науково-дослідної роботи є організація регулярних звірень NTP-серверів національних служб часу країн-членів КООМЕТ із метою встановлення реальної невизначеності вимірювань часу споживачами, які використовують для синхронізації шкал часу послуги NTP-серверів національних служб у мережі Інтернет на різних відстанях від цих серверів.

Технічний протокол звірень розроблено і узгоджено з ініціативи та за сприяння технічного комітету КООМЕТ – ТК 1.11 «Час і частота» і зареєстровано за номером 605/RU/13.

У результаті було створено алгоритм обробки результатів звірень первинних еталонів одиниць часу і частоти за допомогою NTP-серверів (алгоритм фільтру годинників) та перевірено його ефективність на реальних результатах вимірювань, використовуючи дані часового інтервалу з тривалістю 3 місяці (червень – серпень 2016 р.). Експериментальні дослідження свідчать про достатню ефективність розробленого алгоритму, тому що за його допомогою можливо снизити СКВ різниці шкал NTP-серверів, що синхронізовані з первинними еталонами країн-учасниць, приблизно в 9 разів (від 1,4974 мс до 165 мкс). Попередні дослідження свідчать про те, що цей результат можливо поліпшити при застосуванні цього алгоритму на довших інтервалах часу.

Розроблений алгоритм фільтру годинників дозволяє знизити невизначеність типу А результатів звірень. Але невизначеність типу В залишається достатньо високою, і саме вона визначає основний внесок в остаточну невизначеність результатів. Попередні дослідження свідчать про те, що є можливість знизити невизначеність типу В шляхом використання спеціального програмного забезпечення. Використовуючи стандартні програмні засоби, можна відстежити реальний шлях проходження пакетів NTP між серверами країн-учасниць у двох напрямках по вузлах мережі Інтернет, потім визначити затримки проходження пакетів для кожного вузла і для кожного шляху й на базі цього побудувати статистичні характеристики для кожного вузла і для кожного шляху проходження пакетів. На основі цих отриманих даних є можливість знизити несиметричність каналів зв'язку і таким чином зменшити невизначеність типу В.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ДИСТАНЦІЙНОГО КАЛІБРУВАННЯ СТАНДАРТІВ ЧАСТОТИ ЗА ДОПОМОГОЮ GPS-ПРИЙМАЧІВ

Корецький Е. А.
Харків, Україна

Keywords: time and frequency standard, calibration, GPS receiver, short-term frequency instability.

Ключові слова: еталон часу і частоти, калібрування, GPS-приймач, короткочасна нестабільність частоти.

Анотація

Методи дистанційного калібрування стандартів часу та частоти на довгих інтервалах осереднення (1 доба і більше) за допомогою GPS-приймачів уже давно розроблені й успішно використовуються. Але досі не вирішено питання проведення дистанційного калібрування стандартів частоти на коротких інтервалах усереднення – оцінка короткочасної нестабільності стандартів на інтервалах 1 с, 10 с, 100 с та 1000 с. Деякі GPS-приймачі мають виходи опорної частоти, яка визначається програмним способом за допомогою команд, що подаються з ПК на приймач. Ці частоти знаходяться в межах від 1 до 20 МГц і синхронізовані з частотою UTC. Але вони формуються за допомогою внутрішнього кварцового генератора GPS-приймача, частота і шкала якого постійно синхронізуються за шкалою GPS. Внаслідок цієї постійної перебудови вихідні частоти приймача і сигнал PPS мають незадовільну короткочасну нестабільність, і використати їх для калібрування стандартів частоти на коротких інтервалах неможливо.

Але деякі моделі GPS-приймачів, наприклад, OEM-828 фірми Novatel, мають можливість працювати із зовнішньою опорною частотою, і при цьому за допомогою своїх внутрішніх вимірювачів вони будують модель поведінки зовнішнього опорного генератора, а саме зсув шкали зовнішнього генератора відносно шкали GPS та відносний частотний зсув опорного генератора відносно частоти GPS. Крім того, такий GPS-приймач може видавати ці параметри моделі на персональний комп'ютер. Після відповідної обробки ці параметри можуть бути використані для визначення характеристик короткочасної нестабільності зовнішнього опорного генератора, який у цьому разі виступає як пристрій, що калібрується.

Для перевірки ефективності й точності запропонованого методу калібрування було проведено експеримент. Характеристики короткочасної нестабільності рубідієвого генератора одночасно визначалися за допомогою GPS-приймача та водневого стандарту частоти, котрий виступав як еталонна міра. Аналіз отриманих даних свідчить про досить високу близькість отриманих результатів до еталонних. Отже, запропонований метод дистанційного калібрування стандартів частоти за допомогою GPS-приймачів можна вважати ефективним і використовувати його на практиці.

РЕЗУЛЬТАТИ МЕТРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦЬ ЧАСУ І ЧАСТОТИ ЗА 2017 РІК

Корецький Е. А., Міхеєв О. А., Толста Г. О., Рапог Р. М.
Харків, Україна

Keywords: time and frequency standard, time scale, internal comparisons, external comparisons, measuring unity.

Ключові слова: еталон часу і частоти, шкала часу, внутрішні звірення, зовнішні звірення, єдність вимірювань.

Анотація

У 2017 р. забезпечено функціонування Головного центру Служби єдиного часу та еталонних частот шляхом виконання таких робіт:

1. Зберігання функціонування державного первинного еталона одиниць часу і частоти, в тому числі:

- забезпечено відтворення та зберігання одиниць часу і частоти. Невилучена систематична похибка еталона в 2017 р. становила $-1,65 \cdot 10^{-15}$, тобто не перевищувала допустимого значення $1 \cdot 10^{-13}$;

- здійснено введення національної шкали координованого часу. Максимальне відхилення національної шкали часу від UTC знаходилося в межах від -13 до 21 нс при допустимому значенні ± 2 мкс. Середній хід національної шкали часу в 2017 р. становив $-0,009$ нс/добу.

2. Забезпечено участь у міжнародних проектах досліджень і співробітництва в галузі вимірювань часу і частоти, в тому числі:

- здійснювалось порівняння національної шкали координованого часу України з Міжнародною шкалою часу та шкалами часу еталонів інших країн;
- була забезпечена участь у формуванні Міжнародної шкали атомного часу.

3. Здійснювалися метрологічний контроль та управління передаванням різними технічними засобами еталонних сигналів частоти і часу, а саме:

- контроль сигналів перевірки часу підвищеної інформативності, що передаються українським радіо, та годинників, що транслюються телебаченням;
- моніторинг сигналів глобальних навігаційних супутникових систем;
- передавання одиниць часу і частоти споживачам за допомогою технічних засобів ННЦ «Інститут метрології», у тому числі мережею Internet, телефонними каналами, з використанням засобів дистанційного контролю стандартів частоти.

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВОГО СЕГМЕНТУ СЛУЖБИ ЄДИНОГО ЧАСУ ТА ЕТАЛОННИХ ЧАСТОТ

Корецький Е. А., Гаврилов А. Б.
Харків, Україна

Keywords: reference time and frequency signal, unity of time and frequency measurements, fiber optic networks, time-frequency synchronization.

Ключові слова: еталонні сигнали часу та частоти, єдність вимірювань часу та частоти, оптоволоконні мережі, часо-частотна синхронізація.

Анотація

Основними споживачами еталонних сигналів часу та частоти в Збройних Силах України є системи автоматичного керування, системи зв'язку, розподілені комп'ютерні мережі тощо.

В Метрологічному центрі військових еталонів (МЦВЕ) Збройних Сил (ЗС) України проведено низку теоретичних та експериментальних досліджень щодо визначення потрібних споживачам точнісних характеристик еталонних сигналів, способів передавання та контролю вказаних сигналів. Також побудовані відповідні мінімально достатні оптоволоконні мережі. Проте на сьогодні в МЦВЕ ЗС України відсутній як структурний підрозділ для вирішення завдань оперативного контролю та управління передаванням еталонними сигналами часу та частоти, які використовуються Збройними Силами, так і відповідний комплекс апаратури. Крім цього, не визначені (конкретизовані) заходи із взаємодії між суб'єктами Служби єдиного часу та еталонних частот (далі – Служба) в напрямку забезпечення заходів контролю та управління передаванням еталонними сигналами часу та частоти, не створено відповідну нормативну базу.

Таким чином, у межах розвитку військового сегменту Служби єдиного часу та еталонних частот потребують відповідного вдосконалення організаційна, технічна, нормативна і наукова складові виконання завдань забезпечення єдності та точності вимірювань часу та частоти, оперативного контролю й управління передаванням еталонними сигналами часу та частоти, які використовуються Збройними Силами України та іншими військовими формуваннями.

В доповіді детально розглянуто проблеми, що потребують розв'язання; мету і терміни реалізації концепції; шляхи та способи розв'язання проблем; обсяги фінансових, матеріально-технічних, трудових ресурсів.

УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦЬ ЧАСУ І ЧАСТОТИ

Корецький Е. А.
Харків, Україна

Keywords: time and frequency standard, time scale, internal comparisons, external comparisons, timeline algorithm.

Ключові слова: еталон часу і частоти, шкала часу, внутрішні звірення, зовнішні звірення, алгоритм ведення шкали.

Анотація

Необхідність удосконалення державного первинного еталона одиниць часу і частоти обумовлена тим, що сигнали точного часу і частот, які передаються різними технічними засобами, потребують технічного переоснащення та оновлення окремих частин.

В рамках виконання робіт з удосконалення державного первинного еталона одиниць часу та частоти ДЕТУ 07-01-97 були виконані наступні роботи:

- до складу групового еталона введено новий цезієвий стандарт часу і частоти, досліджено його метрологічні характеристики;
- розроблено фазовий компаратор для системи внутрішніх звірень, досліджено його метрологічні характеристики;
- розроблено програмне забезпечення для керування фазовим компаратором;
- розроблено частотний синтезатор та генератор фізичної шкали часу еталона для формування фізичної шкали часу UTC(UA), досліджено їхні метрологічні характеристики;
- розроблено програмне забезпечення для керування частотним синтезатором та генератором фізичної шкали часу еталона;
- досліджено метрологічні характеристики фізичної часової шкали UTC (UA). Створення і використання в системі внутрішніх звірень еталона сучасного фазового компаратора дало можливість суттєво покращити калібрувальні та вимірювальні можливості ДЕТУ 07-01-97 Головного центру Служби єдиного часу і еталонних частот шляхом підвищення точності формування групової частоти еталона, покращення метрологічних характеристик ведення національної шкали координованого часу України UTC(UA). Робота має як галузеве, так і загальнодержавне значення.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАВ'ЯЗАНОГО СИГНАЛУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИЙМАЧІВ ГНСС ЧАСОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ

Корецький Е. А., Нарезній О. П., Гаврилов А. Б., Світенко М. І., Троцько М. Л.
Харків, Україна

Keywords: synchronization, reference time signals, spoofing signals of global navigation satellite systems.

Ключові слова: синхронізація, еталонні сигнали часу, спуфінг сигналів глобальних навігаційних супутникових систем.

Анотація

Виконання сьогоденних вимог до частотно-часового забезпечення (синхронізації) сучасних автоматизованих систем зв'язку та керування збройними силами, наприклад, автоматизованої системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження сил оборони (С4ISR) та інтеграції до неї автоматизованих систем усіх видів Збройних Сил потребує постійного удосконалення еталонної бази для формування та забезпечення гарантованої точності еталонних сигналів, створення системи передавання, контролю та управління еталонними сигналами часу та частоти, що використовуються серверами цифрових систем і засобів зв'язку, автоматизованих систем управління, передачі та обробки інформації, систем оперативного керування військами, полігонно-вимірювальних комплексів тощо.

Контроль за точністю передавання еталонних сигналів часу та частоти даною системою має базуватися на високоточних частотно-часових вимірюваннях з урахуванням специфіки військових потреб як автономних систем передавання та розповсюдження еталонних сигналів, так і закордонних глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) на випадок їх випадкового або навмисного (спуфінг чи джаммінг) збою в роботі. Проведені в межах науково-технічної діяльності Метрологічного центру військових еталонів ЗС України експериментальні дослідження підтвердили відому можливість нав'язування ГНСС-подібного сигналу приймачу часової синхронізації, що призводить до змін у процесі регулярної синхронізації шкали часу з навігаційними супутниками. Рішення навігаційної задачі за поточними результатами вимірювань псевдовідстаней зупиняється, здійснюється аналіз нової конфігурації навігаційного суз'я, кращий за співвідношенням сигнал/шум спуфінг-сигнал алгоритмічно приймається як нове джерело сигналу і рішення системи навігаційних рівнянь починається знову, але тепер воно містить хибні координати псевдосупутника.

Результати експериментів показали, що запобігти використанню недостовірної навігаційної інформації споживачем можливо за умови постійного моніторингу сигналів ГНСС. Як опорний генератор застосовувався рубідієвий стандарт частоти і часу, виміряні розбіжності шкал часу приймача ГНСС оброблялися в режимі реального часу засобами Wavelet Toolbox пакета прикладних програм MATLAB. Використання вейвлет-перетворення часового ряду виміряних поправок годинника приймача ГНСС дозволило зафіксувати в режимі реального часу на скейлограмі фазові зміни, викликані впливом сигналу, що нав'язувався приймачу.

ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ UTC (UA), ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНОГО СИНТЕЗАТОРА И ГЕНЕРАТОРА ФИЗИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ

Рарог Р. Н., Гричанюк А. М.
Харьков, Украина

Keywords: frequency synthesizer, generator, time scale, digital synthesis, group scale.

Ключевые слова: синтезатор частоты, генератор, шкала времени, цифровой синтез, групповая шкала.

Аннотация

На текущий момент шкала времени первичного государственного эталона единиц времени и частоты ДЕТУ 07-01-97 формируется с помощью системы внутренних сличений, которая состоит из коммутатора, ПК и частотомера CNT-91. В результате обработки результатов измерений формируется так называемая «аналитическая шкала» в виде поправки на рабочую шкалу времени с ведущей меры. Поскольку аналитическая шкала времени не имеет своей физической реализации, на основную и резервную систему внешних сличений (TTS-2 и TTS-4) поступает рабочая шкала времени, переход к аналитической шкале возможен только после окончания цикла измерений систем внутренних и внешних сличений.

Для перехода от рабочей шкалы времени к аналитической на каждый момент измерений системы внешних сличений производится интерполяция поправки на рабочую шкалу между теми интервалами, в которые происходили измерения в системе внутренних сличений. Этот переход в виде поправки и отсутствие, в первую очередь, физической реализации групповой шкалы времени эталона вносит определенные неудобства.

В рамках выполнения работ по модернизации ДЕТУ 07-01-97 в 2018 г. планируется переход от аналитической шкалы времени к ее физической реализации. Физическая групповая шкала времени будет поступать непосредственно на основную и резервную систему внешних сличений (TTS-2 и TTS-4). Результаты измерений TTS-2 и TTS-4 станут возможным немедленно, в режиме реального времени отправлять в ВРМ, без задержки во времени.

Рассмотрен алгоритм формирования групповой шкалы времени, проведено исследование метрологических характеристик генератора физической шкалы после реализации рассмотренного алгоритма.

DEVELOPMENT OF RUBIDIUM MOBILE SAVINGS OF TIME WITH EXTERNAL SYNCHRONIZATION FROM THE PRIMARY STANDARD OF TIME AND FREQUENCY

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ХРАНИТЕЛЯ ВРЕМЕНИ РУБИДИЕВОГО С ВНЕШНЕЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ ОТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

Рарог Р. Н., Свитенко Н. И., Троцько М. Л.
Харьков, Украина

Keywords: standard, time, frequency, measuring equipment, reference time signals, mobile standard of time and frequency.

Ключевые слова: эталон, время, частота, измерительная техника, эталонные сигналы времени, мобильный стандарт времени и частоты.

Аннотация

В 2017 г. в ННЦ «Институт метрологии» для Метрологического центра военных эталонов Вооруженных Сил Украины Минобороны был разработан и изготовлен мобильный рубидиевый стандарт частоты FS-017 с частотными выходами 1 Гц, 5 МГц, 10 МГц и возможностью синхронизации собственной шкалы времени от внешнего источника 1 Гц.

Мобильный стандарт частоты FS-017 предназначен для использования в качестве высокостабильного источника сигнала для поверки и калибровки генераторных устройств, частотно-временной измерительной аппаратуры и другого оборудования, синхронизации телекоммуникационных систем и систем навигации. Основу мобильного стандарта составляет высокоточный и высокостабильный генератор частоты в виде отдельного рубидиевого модуля PRS10 производства компании Stanford Research Systems (США). Данный генератор отличается от конкурентов ультранизким значением спектральной плотности мощности фазового шума (-130 дБ / Гц на частоте отстройки 10 Гц), повышенным сроком эксплуатации рубидиевой газоразрядной лампы (20 лет). Мониторинг состояния прибора и управление его работой осуществляются встроенным персональным компьютером (RASPBERRY PI 3 MODEL B) на базе операционной системы Linux. Программное обеспечение для управления стандартом написано на встроенном в систему Linux языке Python 3.4 и поставляется с открытым исходным кодом.

В октябре – декабре 2017 г. были проведены совместные экспериментальные исследования метрологических характеристик мобильного стандарта частоты между ННЦ «Институт метрологии» и Метрологическим центром военных эталонов. В рамках исследований была определена краткосрочная и долгосрочная нестабильность частотных выходов мобильного стандарта.

RESEARCH OF ACCURACY OF TRANSMISSION OF THE SCALE OF TIME FROM PRIMARY STANDARD TO SECONDARY STANDARDS ON PTP SYNCHRONIZATION PROTOCOL

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ ОТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА К ВТОРИЧНОМУ ЭТАЛОНУ ПО ПРОТОКОЛУ СИНХРОНИЗАЦИИ PTP

Рарог Р. Н.
Харьков, Украина

Keywords: time, frequency, synchronization, communication line, synchronization protocol, precision time protocol.

Ключевые слова: время, частота, синхронизация, линия связи, протокол синхронизации, протокол точного времени.

Аннотация

Точная синхронизация шкал времени становится важной не только для научных исследований, но и для промышленных нужд. Среди таких потребностей, например, синхронизация мобильной связи, финансовый рынок, отслеживания событий в облачных вычислениях. Для удовлетворения этих потребностей необходимо обеспечить передачу шкалы времени от первичного эталона единиц времени и частоты через поддержку протокольного уровня в сетевых узлах. Передача шкалы времени сетью Internet с коммутацией пакетов является сложной задачей, поскольку сетевые пакеты передаются с большими задержками. Точность передачи данных на основе пакетной коммутации зависит, в первую очередь, от асимметрии пакетной задержки, присутствующей в сети.

Для оценки точности синхронизации шкалы времени от государственного первичного эталона единиц времени и частоты к вторичному эталону, расположенному в Метрологическом центре военных эталонов Вооруженных Сил Украины Минобороны, в марте 2018 года был проведен ряд исследований. В месте размещения государственного первичного эталона и в военной части А0785 (где находится вторичный эталон) было установлено оборудование синхронизации по протоколу PTP, при этом использовалась проложенная ранее оптическая линия связи между ННЦ «Институт метрологии» и военной частью А0785.

Целью исследований была оценка точности синхронизации при следующих условиях: мастер и подчиненный находятся в одной подсети на расстоянии около 10 км. Клиент был настроен на синхронизацию с мастером. Выходной сигнал 1PPS мастера на протяжении всего эксперимента сличался со шкалой времени UTC (UA), выходной сигнал 1PPS клиента сличался со шкалой времени UTC. После обработки результатов измерений статистические показатели полностью подтвердили пригодность выбранной схемы и оборудования для дистанционной передачи национальной шкалы времени к вторичному эталону.

NOISE-RESISTING SIGNAL PROCESSING IN A BALLISTIC LASER GRAVIMETER EMPLOYING THE SYMMETRIC METHOD OF MEASURING THE FREE FALL ACCELERATION

ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В БАЛЛИСТИЧЕСКОМ ЛАЗЕРНОМ ГРАВИМЕТРЕ С СИММЕТРИЧНЫМ СПОСОБОМ ИЗМЕРЕНИЯ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

Омельченко А. В., Болюх В. Ф., Винниченко А. И., Купко В. С.
Харьков, Украина

Keywords: ballistic laser gravimeter, symmetric method for measuring, weighting function, auto-seismic effect.

Ключевые слова: баллистический лазерный гравиметр, симметричный способ измерения, весовая функция, автосейсмический эффект.

Анотация

Рассмотрены методы помехоустойчивой обработки сигналов в баллистическом лазерном гравиметре (БЛГ) с симметричным способом измерения ускорения свободного падения (УСП). Основное внимание уделено синтезу весовых функций гравиметров, минимизирующих влияние следующих видов аддитивных помех: 1) внешней сейсмической помехи; 2) автосейсмической помехи; 3) помех дискретизации. Для комплексного учета различных помех использована совокупность показателей качества. Приведены свойства весовых функций гравиметров. Выполнен анализ влияния различных окон обработки на показатели помехоустойчивости БЛГ. Исследовано влияние пропусков наблюдений в окрестности вершины траектории движения пробного тела на результаты измерения УСП. Показано, что выполнение условия Найквиста для весовой функции гравиметра приводит к уменьшению смещения автосейсмической составляющей погрешности измерения УСП.

ANALYSIS OF EXACTNESS OF GRADIENT METHOD OF DETERMINATION OF MEAN INTEGRAL REFRACTIVE INDEX OF AIR

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ГРАДІЄНТНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ПОВІТРЯ

Неежмаков П. І., Прокопов О. В.
Харків, Україна

Keywords: measurements, mean integral refractive index of air, gradient method.
Ключові слова: вимірювання, середньоінтегральний показник заломлення повітря, градієнтний метод.

Анотація

Вплив земної атмосфери на швидкість поширення електромагнітних хвиль, що використовуються для вимірювань відстаней на приземних трасах, враховується за допомогою середньоінтегрального (усередненого уздовж вимірюваної лінії) показника заломлення повітря. Для відшукування цього параметра можуть бути використані як інструментальні методи (наприклад, геодезичний та дисперсійний), так і методи, що базуються на наближеному поданні інтеграла, який визначає усереднений уздовж траєкторії електромагнітної хвилі показник заломлення повітря, у вигляді кінцевої суми.

У доповіді аналізуються питання точності визначення середньоінтегрального показника заломлення повітря одним із таких методів, а саме градієнтним. Цей метод запропонований та досліджується в ННЦ «Інститут метрології». Отримано співвідношення для складових похибки (невизначеності) градієнтного методу, проведено аналіз, який дозволив сформулювати рекомендації щодо підвищення точності лазерних віддалемірних вимірювань у реальних умовах.

SYSTEMIC REFRACTIVE EFFECTS FOR MEASUREMENTS WITH ELECTROMAGNETIC WAVES ON TRANSATMOSPHERIC TRACES

СИСТЕМНІ РЕФРАКЦІЙНІ ЕФЕКТИ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ НА ТРАНСАТМОСФЕРНИХ ТРАСАХ

Прокопов О. В.
Харків, Україна

Keywords: measurements, electromagnetic waves, refraction, systemic effects.

Ключові слова: вимірювання, електромагнітні хвилі, рефракція, системні ефекти.

Анотація

В останні роки суттєво зросли вимоги до точності вимірювань, що здійснюються за допомогою електромагнітних хвиль, трасою поширення яких є уся товща неоднорідної земної атмосфери, що включає до себе як електрично нейтральний її шар – тропосферу, так і електрично заряджений – іоносферу. Подібні вимірювання забезпечують функціонування глобальних навігаційних супутникових систем, систем передачі сигналів точного часу з використанням штучних супутників Землі та ін.

Методи корекції впливу атмосфери, які нині застосовуються на практиці для таких вимірювань, припускають, що складові впливу, обумовлені тропосферою та іоносферою, є незалежними і можуть розглядатися окремо. В той же час у ряді робіт показано, що цей підхід не враховує ефекти спільної дії цих середовищ (що є системними), які визначають просторове положення траєкторії сигналу і позначаються на часі його затримки. Через це виникають ситуації, коли не вдається забезпечити точність вимірювань на рівні сучасних вимог.

У доповіді виконано аналіз публікацій з обговорюваної проблеми, обґрунтовано загальні співвідношення для розрахунку системних рефракційних ефектів, на основі яких отримано прості формули для оцінок. Визначено умови (діапазони характеристик параметрів сигналу і середовища його поширення), за яких урахування системних ефектів необхідне, оцінено складові похибки (невизначеності) результатів вимірювань, обумовлені системними ефектами. Обговорюються перспективи подальших досліджень у рамках цієї тематики.

MAGNETIC FIELDS OF SCATTERING OF THE ELECTROMECHANICAL CATAPULTURE OF BALLISTIC LASER GRAVIMETER AT THE USE OF ANCHORS OF VARIOUS TYPE

МАГНІТНІ ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ КАТАПУЛЬТЫ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ГРАВИМЕТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЯКОРЕЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Болух В. Ф., Неежмаков П. И., Винниченко А. И.
Харьков, Украина

Keywords: ballistic laser gravimeter, symmetric method for measuring, inductive-dynamic catapult, electromagnetic catapult, magnetic scattering fields.

Ключевые слова: баллистический лазерный гравиметр, симметричный способ измерения, индукционно-динамическая катапульта, электромагнитная катапульта, магнитные поля рассеяния.

Аннотация

Исследованы магнитные поля рассеяния в баллистических лазерных гравиметрах (БЛГ), возникающие при работе электромеханической катапульти, осуществляющей вертикальное подбрасывание пробного тела лазерно-оптической системы измерения ускорения свободного падения. Рассмотрена электромагнитная катапульта, осуществляющая втягивание ферромагнитного якоря во внутреннюю полость, которая используется в БЛГ, и перспективная индукционно-динамическая катапульта, осуществляющая непосредственное подбрасывание электропроводящего якоря за счет электродинамических сил отталкивания. В обеих катапультах, реализующих симметричный способ измерения ускорения свободного падения, возбуждение индуктора осуществляется от емкостного накопителя энергии. С использованием полевой математической модели исследованы электромеханические процессы и магнитные поля рассеяния, возникающие в электромагнитной и индукционно-динамической катапультах БЛГ. Показано, что электромеханические процессы в индукционно-динамической катапульте протекают быстрее и с большей интенсивностью. Электромагнитные процессы в этой катапульте практически полностью затухают до момента начала измерения ускорения свободного падения, что является ее достоинством. Выполнен сравнительный анализ электромагнитных, механических процессов и возбуждаемых при этом магнитных полей рассеяния, создаваемых электромагнитной и индукционно-динамической катапультами БЛГ.

ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦЬ ЧАСУ І ЧАСТОТИ

Солдатов В. В., Корецький Е. А., Купко В. С.
Харків, Україна

Keywords: time and frequency standard, time scale, internal comparisons, external comparisons, timeline algorithm.

Ключові слова: еталон часу і частоти, шкала часу, внутрішні звірення, зовнішні звірення, алгоритм ведення шкали.

Анотація

1. Функціонування державного первинного еталона одиниць часу і частоти:

- еталон відтворює та зберігає одиницю часу і частоти. Невилучена систематична похибка еталона становить приблизно $-1,65 \cdot 10^{-15}$, тобто не перевищує допустимого значення $1 \cdot 10^{-13}$;
- еталон постійно бере участь у міжнародних проєктах досліджень і співробітництва в галузі вимірювань часу і частоти: забезпечує участь у формуванні Міжнародної шкали атомного часу; здійснюється передавання одиниць часу і частоти.

2. Перспективи розвитку державного первинного еталона одиниць часу і частоти.

Державний еталон постійно оновлюється та технічно переоснащується.

Постійно виконуються роботи з удосконалення державного первинного еталона одиниць часу та частоти. Зокрема, за останній рік створення фемтосекундного синтезатора оптичних частот стимулювало розвиток метрології частот оптичного діапазону (10^{-14} – 10^{-15} Гц). Прогрес методів лазерного охолодження, лазерної стабілізації та вимірювання оптичних частот привів до створення оптичних годинників, відносна нестабільність яких досягла порядку 10^{-18} .

На наступні періоди заплановано низку завдань, які потребують праці всього колективу:

- передача точних сигналів частоти по оптоволокну з невизначеністю порядку 10^{-18} ;
- одночасна передача радіочастотного й оптичного сигналів;
- передача імпульсного фемтосекундного випромінювання зі стабільною частотою відтворення;
- передача сигналів частоти по інтернет-каналах, повсюдна поширеність ліній для інтернет-трафіку, використання для передачі стабільних сигналів часу і частоти.

Робота має як галузеве, так і загальнодержавне значення.

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ПЕРМАНЕНТНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ ГНСС

Занімонський С. М.¹, Купко В. С.¹, Олійник А. Є.¹, Цисак Я.²
Харків, Україна¹; Варшава, Польща²

Keywords: GNSS global network equalization, distance meter.

Ключові слова: вирівнювання глобальної мережі ГНСС, віддалемір.

Анотація

Геодезичні вимірювання глобальними навігаційними супутниковими системами (ГНСС) спираються на еталон довжини, який реалізується космічними системами VLBI, SLR, DORIS на основі визначення метра через швидкість світла і еталон часу. Передача одиниці від цього глобального еталона до базису, що вимірюється, виконується наземними комплексами ГНСС у складі приймача, антени і програмного забезпечення. Метрологічною базою України з передачі розмірів одиниці довжини в галузі великих довжин та повірки наземної апаратури ГНСС є лінійно-геодезичний полігон ННЦ «Інститут метрології». Відстані між реперами цього полігону виміряні з невизначеністю на рівні 0,1 еталонним лазерним віддалеміром. Репери обладнані таким чином, що можлива одночасна установка відбивачів віддалемірів і антен приймачів ГНСС.

Координати реперів визначено під час багаторазових тривалих вимірювальних сесій із використанням ГНСС апаратури вищої точності. Однак таке визначення координат не цілком реалізує можливості глобального еталона. Усім перманентним станціям ГНСС щодоби приписуються координати, отримані при обробці даних усіх станцій із вирівнюванням глобальної мережі спільно з базовими астрономічними пунктами. Обчислення проводяться незалежно кількома світовими обробними центрами, а результати публікуються в Інтернеті. Розбіжності в результатах аналізуються незалежними дослідниками і міжнародними геодезичними організаціями. Таким чином вдається на порядок зменшити невизначеності координат цих станцій.

Наразі немає перманентних станцій, на яких можна було б встановити відбивач віддалеміра і безпосередньо звірити відстань між пунктами, виміряну двома приладами, метрологічно пов'язаними з двома реалізаціями еталона довжини – локальної, на основі лазерів та глобальної. Пропозицію використовувати репери полігону ННЦ «Інститут метрології» для розміщення антен перманентних станцій із включенням до глобальної мережі поки що не реалізовано.

На цьому етапі доцільно перевірити програмно-математичне забезпечення робочих засобів вимірювань на можливість отримання координатно-віддалемірних рішень із мінімальними відхиленнями від еталонних значень, приписаних перманентним станціям. Обробка даних декількох десятків станцій за допомогою прикладних програм, приймачів, показала можливість оптимізації обчислень залежно від тривалості вимірювальних сесій і відстаней між пунктами.

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМІРА МИТТЄВИХ ЗНАЧЕНЬ

Дуднік А. С.
Київ, Україна

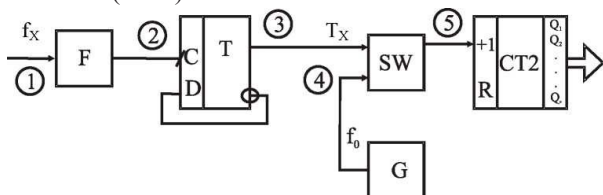
Keywords: wireless sensor network, localization, distance, microprocessor phase meter, error.

Ключові слова: безпроводна сенсорна мережа, локалізація, відстань, мікропроцесорний частотомір, похибка.

Анотація

У частотно-вимірювальній техніці основною характеристикою періодичного сигналу є період. Періодом T періодичного сигналу називається найменший інтервал часу, через який регулярно послідовно повторюється довільно вибране миттєве значення періодичного сигналу $u(t)$. З математичної точки зору це інтерпретується так: період T – це найменший інтервал часу, що відповідає рівнянню $u(t+iT) = u(t)$, де i – будь-яке ціле число.

Принцип дії цифрового періодоміра (на рис.) ґрунтується на квантуванні невідомого періоду сигналу T_x імпульсами зразкової частоти f_0 , що їх формує зразкова міра частоти (ЗМЧ).



Структурна схема цифрового частотоміра

Цей прилад пропонується застосовувати у складі безпроводних вузлів сенсорних вимірювальних мереж стандарту *ZigBee*. Для визначення відстані між вузлами пропонується метод *ToA* – *Time of Arrival*. У цьому випадку відстань між двома вузлами безпосередньо пропорційна періоду T , який потрібен, щоб сигнал поширився від одного пункту до іншого. Відстань між відправником і приймачем визначається за формулою

$$d = S_r(t_2 - t_1)$$

де S_r – швидкість поширення радіосигналу (швидкість світла), а t_1 і t_2 – час, коли сигнал відіслано й отримано ($t_2 - t_1 = T$). Цей тип оцінки вимагає точно синхронізованих вузлів, і час, коли сигнал залишає вузол, має бути в пакеті, який посилають.

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ВИХРЕТОКОВОМ КОНТРОЛЕ

Тюпа С. Ю., Тюпа И. В., Салам Бусси
Харьков, Украина

Keywords: curvilinear surface, eddy current control, identification, error.

Ключевые слова: криволинейная поверхность, вихретоковый контроль, идентификация, погрешность.

Аннотация

Ограниченная точность измерений выходных сигналов вихретокового датчика и невозможность обеспечения идеальных условий проведения контроля зачастую приводят к ошибочным принятым решениям о состоянии объекта. В общем случае сигналы вихретокового датчика при контроле сложных поверхностей характеризуются рядом детерминированных параметров (размеры катушек, напряженность и частота электромагнитного поля), обеспечение постоянства которых возможно для большой номенклатуры контролируемых изделий. Одновременно с этим данная система обладает случайными характеристиками, обусловленными наличием искривленных поверхностей, локальных неоднородностей магнитных и электрических свойств контролируемого объекта.

В основу метода идентификации характерного размера искривленной поверхности положен метод одновременного сравнения измеренных значений информационных параметров электромагнитного поля вихретоковым датчиком с объектом контроля при наличии в нем искривленной поверхности с семейством расчетных (модельных) характеристик ожидаемых реакций датчика на смоделированную искривленную поверхность. При этом сравнение характеристик проводится с учетом погрешностей моделирования сигналов и погрешностей измерения информативных параметров электромагнитного поля системы «вихретоковый датчик – объект», что дает возможность определять параметры объектов с определенной достоверностью.

ANALYSIS OF THE DEFECTS PRODUCED DURING ADDITIVE MANUFACTURING (AM), MANUFACTURE AND THE CAPABILITIES OF MODERN NON-DESTRUCTIVE TESTING (NDT) FOR THEIR DETECTION

АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ (АВ), І МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ (НК) ДЛЯ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ

Шлома А. І.
Харків, Україна

Keywords: nondestructive testing, additive technologies, metrology.

Ключові слова: неруйнівний контроль, адитивні технології, метрологія.

Анотація

Адитивні методи виробництва протягом останніх десяти років набули більшого поширення в передових країнах світу. Цей факт дозволяє сміливо стверджувати, що країна, яка бажає утримати свій технічний потенціал на рівні, відповідному вимогам часу, повинна розвинути структуру, яка дозволить спочатку впровадити, а потім грамотно застосовувати методи адитивного виробництва. Важливою частиною цієї структури, безсумнівно, повинна стати метрологічна система, що служить для контролю якості продукції адитивного виробництва.

У доповіді аналізуються результати досліджень факторів, що впливають на якість продукції адитивного виробництва, і застосовність сучасних методів НК для використання в метрологічному забезпеченні цього процесу.

THE RESOURCE OF COMPLEX TECHNICAL STRUCTURES IN THE CONDITIONS OF LOW-CYCLE AND MULTI-CYCLE FATIGUE

ДОВГОВІЧНІСТЬ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БАГАТОЦИКЛОВІЙ ТА МАЛОЦИКЛОВІЙ ВТОМІ

Кузьмич Л. В.¹, Квасніков В. П.¹, Сковородкіна Ю. М.²
Київ¹, Харків², Україна

Keywords: resource, residual resource, low-cycle fatigue, multi-cycle fatigue, creep, damage, crack.

Ключові слова: довговічність, залишковий ресурс, малоциклова втома, багатоциклова втома, повзучість, пошкодження, тріщина.

Анотація

Запропоновано підхід щодо обґрунтування довговічності шляхом оцінювання залишкового ресурсу складних технічних конструкцій у випадку домінування механізмів малоциклової втоми, багатоциклової втоми, повзучості або їхньому поєднанні, що базується на моделюванні основних фізичних стадій розвитку процесу вичерпування ресурсу, стадій зародження та поширення по всьому об'єму конструкції мікропошкоджень до утворення макроскопічної тріщини, її розвитку та досягнення її критичного розміру.

СЕКЦІЯ 5. МАСА І ПОВ'ЯЗАНІ З НЕЮ ВЕЛИЧИНИ. ВИТРАТОМЕТРІЯ

FEATURES OF WEIGHING OF ROAD VEHICLES IN MOTION

ОСОБЛИВОСТІ ЗВАЖУВАННЯ ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У РУСІ

Гут Т. П.¹, Микийчук М. М.²
Біла Церква¹, Львів², Україна

Keywords: measurement, weighing road vehicles in motion.

Ключові слова: вимірювання, зважування дорожніх транспортних засобів у русі.

Анотація

Завдання динамічного зважування актуальне для багатьох галузей промисловості – металургії, теплоенергетичної, лісової, харчової. Найчастіше його використовують при зважуванні дорожніх транспортних засобів та вагонів. Динамічне зважування присутнє навіть у поштовій сфері, де зважування листів та посилок є важливою частиною цієї сфери. Специфічним, але не менш важливим напрямком використання цих систем постає саме в наш час в Україні, де планується встановлення ваговимірювальних комплексів на основних магістралях країни для контролю норм навантаження вантажного транспорту. Ці заходи спрямовані на збереження дорожнього покриття.

Найчастіше процес вимірювання дискретних вантажів супроводжується впливом динамічних явищ, які негативно впливають на значення похибки відносно вимірювання в статичному режимі. Динамічний характер завод полягає в тому, що прилади ресструють динамічну складову вантажу, яка спричиняється неминуче присутніми джерелами, такими як: нерівність шляху, овальність коліс, різниця тиску в колесах, нерівномірність завантаження транспортного засобу тощо). Ця динамічна складова являє собою низькочастотну періодичну перешкоду, діапазон якої 3–10 Гц.

Динамічне вимірювання маси є актуальним типом вимірювання і широко використовується в багатьох галузях промисловості. Але є ряд проблем, із якими стикається цей метод вимірювання. Одна з головних – це вплив динамічних дестабілізуючих факторів на вимірювальну систему. В результаті дії цих факторів відносна амплітуда завод, що виникають при вимірюванні маси вагона, становить 5–10 %, при вимірюванні автомобіля в русі – 33 %, при вимірюванні вантажів за допомогою кранів – 1–1,5 %. Із цього можна зробити висновок, що вплив динамічних дестабілізуючих факторів є суттєвим і таким, що має негативний вплив на точність результату, тому галузь вимірювання потребує методів їх подолання та фільтрування.

З огляду на вищезазначене, розроблення вимірювальної системи зважування в русі на сьогодні є актуальним завданням, особливо з урахуванням оптимального розміщення комплексів (вузлові точки, межі адміністративних районів, в'їзди та виїзди з портів та обласних центрів України тощо). Також особлива увага повинна приділятися виконанню проекту від 19.11.2015 між Україною та ЕБРР «Проект розвитку дорожньої галузі», що включає до себе розроблення та впровадження комплексної системи безпеки руху і включатиме до себе систему електронного справляння плати (ETC), систему зважування автотранспорту в русі з метою контролю навантаження на вісь (WIM), а також автоматичні камери контролю швидкісного режиму (ASE).

ELECTROMAGNETIC TRANSMITTER FOR CYLINDRICAL SAMPLES MECHANICAL STRESSES CONTROL

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ

Горкунов Б.М., Львов С.Г., Салиба А.Н., Тополов И.И.
Харьков, Украина

Keywords: transformer eddy current transducer, differential circuit, mechanical deformation, relative magnetic permeability, specific electrical conductivity.

Ключевые слова: трансформаторный вихретоковый преобразователь, дифференциальная схема, механическая деформация, относительная магнитная проницаемость, удельная электрическая проводимость.

Аннотация

Рассмотрен трансформаторный вихретоковый преобразователь, включенный по дифференциальной схеме, и предложен метод контроля механического напряжения в металлических цилиндрических изделиях в реальном времени. На основе наличия корреляционных связей между электромагнитными характеристиками металлов и их структурным состоянием предложен метод бесконтактного контроля механической деформации изделия. Выбран обобщенный нормированный информативный магнитный параметр и на его основе получены основные функции преобразования для определения приращений относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости нагружаемого изделия относительно стандартного образца.

Для повышения чувствительности бесконтактного контроля механических параметров предложен один из вариантов дифференциального двухпараметрового электромагнитного метода, реализованного на трансформаторном преобразователе.

Поскольку приложение механических усилий изменяет значения относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости незначительно, то применение дифференциального метода, при котором измеряются не абсолютные значения этих параметров, а их приращения, позволяет повысить чувствительность преобразователей и расширить их функциональные возможности. С помощью разработанного устройства можно также прогнозировать предельные прочностные характеристики материала изделий, создание весоизмерительной аппаратуры, а также разбраковывать материалы по группам прочности.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНОГО ІНЕРЦІЙНОГО
ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТИСКУ

Полярус О. В., Коваль О. А., Поляков Є. О., Бровко Я. С., Янушкевич С. Д.
Харків, Україна

Keywords: measuring pressure channel, measuring line, pressure sensor, inverse measuring problem, system identification.

Ключові слова: вимірювальний канал тиску, вимірювальна лінія, давач тиску, обернена задача вимірювання, ідентифікація системи.

Анотація

Вимірювальна система тиску містить давачі тиску та вимірювальну лінію, яка передає тиск від технічного об'єкта до давачів. Перед вимірюванням система калібрується і вважається лінійною інерційною системою, стала часу якої дорівнює сталій часу давача. В процесі експлуатації вимірювальна система може, зокрема, отримати нелінійні властивості, що приведе до збільшення невизначеності вимірювань тиску, якщо не врахувати цей факт перед вимірюванням. Це вимагає ідентифікації вимірювального каналу і створення його моделі. В доповіді запропоновано метод ідентифікації вимірювальної системи, яка складається з давачів тиску та вимірювальної лінії, що заповнюється повітрям.

Мета дослідження – створення і перевірка достовірності математичної моделі нелінійного інерційного вимірювального каналу тиску. В експерименті використовувалася неоднорідна вимірювальна лінія, в яку подавалося повітря під тиском до 25 кПа. Тиск вимірювався на вході та виході лінії. Окрім реалізацій вхідного і вихідного випадкових процесів тиску, в доповіді аналізуються спектри вхідного і вихідного сигналів, взаємні спектри, кореляційні функції випадкових процесів тиску. Розглядалися два основні режими роботи вимірювальної лінії: стаціонарний та нестаціонарний. Для імітації останнього здійснювалося перемикання вентилів під час руху повітря в лінії. Аналіз функції когерентності свідчить про наявність нелінійних властивостей вимірювальної лінії. Проведено ідентифікацію моделі вимірювального каналу, яка є різновидом моделі Гаммерштейна. Ця модель перевірялася шляхом розв'язання прямої та оберненої задачі вимірювання, в якій розрахована реалізація вхідного сигналу порівнювалася з реальною реалізацією, що була виміряна давачем тиску. Відзначається задовільний збіг зазначених реалізацій.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ОТ $1 \cdot 10^7$ ДО $4 \cdot 10^8$ ПА

Зуев А. В.
Харьков, Украина

Keywords: standard, pressure balance, piston-cylinder assembly, uncertainty.

Ключевые слова: эталон, поршневого манометр, измерительная поршневая система, неопределенность.

Аннотация

В ННЦ «Институт метрологии» создан государственный первичный эталон единицы давления для избыточного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^7$ до $4 \cdot 10^8$ Па. Эталон предназначен для воспроизведения, хранения единицы давления и передачи размера единицы с помощью вторичных эталонов эталонам и средствам измерительной техники избыточного давления.

Описывается принцип действия эталона, его состав, назначение основных узлов и результаты исследований метрологических характеристик эталона.

IMPROVEMENT OF THE STATE PRIMARY STANDARD OF THE UNIT OF PRESSURE FOR ABSOLUTE PRESSURE

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ АБСОЛЮТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Любецкий С. Г.
Харьков, Украина

Keywords: improvement, pressure, gas, standard, manometer.

Ключевые слова: усовершенствование, давление, газ, эталон, манометр.

Аннотация

В настоящее время в области абсолютных давлений газов действует государственный первичный эталон ДЕТУ 04-02-97, воспроизводящий абсолютное давление в диапазоне от 270 Па до 130 кПа с расширенной неопределенностью 2,2 Па. Однако в Украине эксплуатируется значительное количество эталонных СИТ абсолютного давления газа, имеющих диапазон измерения до 7 МПа, которые метрологически не обеспечиваются данным эталоном. В связи с этим было принято решение о модернизации указанного эталона с целью увеличения верхней границы воспроизведения давления, а также добавления возможности воспроизведения им избыточного давления.

При модернизации эталона был использован поршневой манометр абсолютного давления Ruska 2465A, а также изготовлены некоторые компоненты для эталона и рабочее место. Проводятся исследования всех СИТ, входящих в состав эталона, с целью оценки возможности их использования в составе национального первичного эталона.

Планируемый диапазон воспроизведения эталоном абсолютного давления будет составлять от 1,3 кПа до 7 МПа, диапазон воспроизведения избыточного давления – от минус 100 кПа до минус 1,3 кПа и от 270 Па до 7 МПа. Ожидаемая расширенная неопределенность воспроизведения давления – не более $3 \cdot 10^{-5}$.

RESEARCHES OF HYDROGEN INFLUENCE ON PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL GAS AND METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF GAS METERING SYSTEMS

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ГАЗА И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ЕГО УЧЕТА

Стеценко А. А., Недзельский С. Д., Науменко В. А.
Харьков, Украина

Keywords: ultrasonic gas meters, a mixture of hydrogen and natural gas, the physical properties of gas, metrological characteristics of gas accounting systems.

Ключевые слова: ультразвуковые счетчики газа, смесь водорода и природного газа, физические свойства газа, метрологические характеристики систем учета газа.

Аннотация

Учитывая перспективность концепции применения смеси водорода и природного газа как источника энергии, представляет интерес проведение исследований в следующих направлениях:

- определение влияния примесей водорода на физические свойства природного газа;
- исследование влияния добавления водорода в природный газ на метрологические характеристики систем учета его расхода.

Для решения этих задач было проведено:

1. Определение зависимости физических параметров смеси газа от процентного состава водорода в природном газе.
2. Определение допустимой доли (допустимой концентрации) водорода в природном газе в современных газотранспортных и газопотребляющих системах.
3. Исследование влияния инъекций водорода на метрологические характеристики средств измерения и систем коммерческого учета газа.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Добавление водорода в природный газ в объеме до 10 % позволяет применять существующие газотранспортные и газопотребляющие системы без каких-либо реконструкций, доработок, изменений алгоритмов расчета физических параметров газовой смеси и вычисления (объема) объемного расхода в целях коммерческого учета.
2. Добавление водорода в объеме более 10 %, а также применение смеси при высоких давлениях требует проведения дополнительных исследований и разработки новых алгоритмов.

КАЛИБРОВКА ЛАМИНАРНОГО РАСХОДОМЕРА

Тонконоговас А., Тонконогий Ю., Станкявичюс А.
Каунас, Литва

Keywords: LFE, calibration, uncertainty.

Ключевые слова: ламинарный расходомер, калибровка, неопределенность.

Аннотация

Ламинарные расходомеры (ЛР) широко используются для измерения небольших расходов газов и (реже) жидкостей в силу ряда их преимуществ. По мнению NIST (США), ЛР является лучшим переносным эталоном при небольших расходах газа. Неопределенность ЛР как эталона должна быть не выше (0,2–0,3) %. Нами изучено влияние на неопределенность ЛР типа калибровочной среды и даны рекомендации по ее выбору.

С точки зрения применения уравнения Хагена-Пуазейля проанализированы две основные конструкции ЛР – с измерением разности давлений Δp на полной длине ЛР или только на участке стабилизированного течения. Показаны существенные преимущества второй конструкции.

При калибровке ЛР по результатам измерения Q , Δp и вязкости определяются величина и неопределенность постоянной C , линейно связывающей Q и Δp . Обычно для калибровки ЛР используются влажный или сухой воздух, а также газообразный азот. До сих пор для калибровки ЛР не применялась вода, несмотря на такую возможность с точки зрения теории ЛР и существенные преимущества в обеспечении низкой неопределенности калибровки.

Из условия идентичности для данного ЛР максимальной величины числа Рейнольдса при разных средах получена связь между расходами при калибровке на воде и воздухе:

$$\frac{Q_{\text{вод}}}{Q_{\text{возд}}} = \frac{\mu_{\text{вод}}}{\mu_{\text{возд}}} \cdot \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_{\text{вод}}}$$

Из условия независимости постоянной C в рабочей области ЛР от физических свойств протекающего газа/жидкости получена связь между перепадами давления:

$$\frac{\Delta p_{\text{вод}}}{\Delta p_{\text{возд}}} = \left(\frac{\mu_{\text{вод}}}{\mu_{\text{возд}}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_{\text{вод}}}$$

Калибровка на воде повышает обычно небольшую, порядка (100–150) Па величину Δp в 3,6 раза, что снижает относительную неопределенность измерения. Переход на воду позволяет сравнительно просто применить наиболее точный гравиметрический способ измерения Q .

Предложена схема установки замкнутого цикла для калибровки на воде.

Установка включает напорный и приемный баки; два переливных сосуда постоянного уровня (перед и за ЛР), обеспечивающие постоянство расхода воды в ЛР, два пьезометра, по разности уровней воды в которых определяется перепад давления, систему измерения Q : электронные весы и перекидное устройство.

Калибровочная среда	Расширенная неопределенность коэффициента C , %
Влажный воздух	0,39
Сухой воздух (азот)	0,30
Вода	0,16

Подробно оценен вклад каждого из трех источников неопределенности: μ , Q и Δp . Рассчитан бюджет неопределенности. Оценена расширенная неопределенность коэффициента расхода C ЛР. Переход на воду обеспечивает значительное снижение неопределенности.

ЕТАЛОННИЙ ГУСТИНОМІР ПРИРОДНОГО ГАЗУ

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

Keywords: reference densimeter, differential weighing, natural gas.

Ключові слова: еталонний густиномір, диференційне зважування, природний газ.

Анотація

Еталонний густиномір газу реалізований методом диференційного зважування ємностей (балонів) із досліджуванним природним газом та еталонним. В одній ємності міститься досліджуваний газ із відомими параметрами тиску та температури, а іншу ємність заповнюють до аналогічного тиску та температури чистим інертним газом із відомим значенням густини. Відповідно, під час диференційного зважування згідно з термодинамічним співвідношенням буде встановлено густину досліджуваного газу.

Процедура проведення вимірювань проводиться наступним чином: балони, з попередньо визначеним та максимально ідентичним об'ємом, із досліджуванним та чистим газом поміщають у ємність із рідиною для стабілізації, зменшення температурного градієнта та встановлення максимально ідентичної температури газів. Крім того, вихідні вентиля балонів під'єднують до вимірювача диференційного тиску. Вимірювання маси проводиться тільки в той момент, коли перепад тиску між вихідними вентилями балонів рівний нулю, тобто коли абсолютний тиск у двох балонах тотожний. Процедура досягнення такої рівності тисків полягає в наступному: на початковому етапі обидва балони занурені в ємність із рідиною; надалі балон, який заповнюється чистим газом, після попереднього проведення вимірювання абсолютного тиску в балоні з досліджуванним газом, заповнюється розрахунковим абсолютним тиском, більшим, ніж тиск досліджуваного газу. Наступним етапом проводиться під'єднання давача диференційного тиску між виходами обох балонів і проводять вимірювання різниці тисків у балонах та за допомогою регулюючого клапана зменшують тиск у балоні з чистим газом до отримання нульових показів диференційного манометра, тобто встановлення умовного або ж квазістабільного термодинамічного стану. В результаті такої процедури отримують балони з умовно рівними термодинамічними характеристиками тиску та температури.

Завершальним етапом для розрахунку густини природного газу проводиться вимірювання зовнішніх геометричних розмірів обох балонів, отримані значення яких необхідні при проведенні диференційного зважування обох балонів, з урахуванням виштовхувальної сили при зважуванні у повітрі, яка регламентується згідно з ДСТУ OIML D28:2008.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ЧАШЕЧНОГО АНЕМОМЕТРА

Тонконогий Ю., Тонконоговас А., Станкявичюс А.
Каунас, Литва

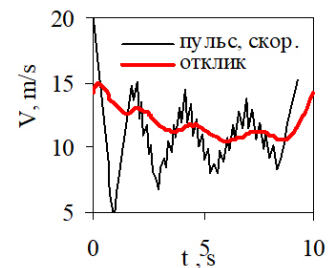
Keywords: cup anemometer, dynamic error.

Ключевые слова: чашечный анемометр, динамическая погрешность.

Аннотация

Широко используемые для измерения скорости ветра чашечные анемометры (ЧА) относятся к классу тахометрических измерителей. Из-за инерции рабочего колеса ЧА при характерных для атмосферы пульсациях скорости мгновенная частота вращения не соответствует мгновенной скорости воздуха. При этом среднее показание ЧА выше истинного среднего значения скорости ветра. Возникает динамическая погрешность (ДП). Известные исследования проблемы не дают пригодного для практических условий применения ЧА метода расчета ДП. Одна из основных причин этого – неучет реального характера пульсаций скорости ветра. Принцип работы и механизм возникновения ДП одинаковы для ЧА и турбинных счетчиков газа. Для счетчиков проблема ДП изучена гораздо лучше, чем для ЧА. В частности, недавно нами разработан метод моделирования поведения турбинных счетчиков в пульсирующих по любому произвольному закону потоках. Метод предусматривает использование постоянной времени (ПВ) как основной характеристики инерции счетчика. Применительно к ЧА метод позволил смоделировать поведение ЧА в близких к реальным условиям пульсации скорости ветра, которые по своей природе крайне нерегулярны. Моделирование поведения ЧА невозможно без разработки регулярной модели пульсации. Наша модель включает в соответствии с реальной практикой ряд повторяющихся кластеров треугольных импульсов с соответствующе подобранным числом импульсов, частотой и амплитудой. Для такой модели в широком диапазоне основных влияющих факторов проведены расчеты отклика ЧА и ДП.

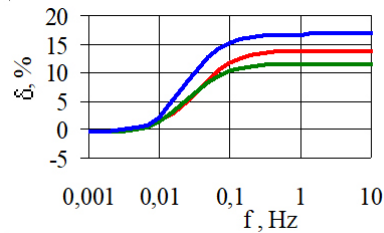
При низких частотах пульсации инерция ЧА не проявляется, и отклик совпадает с текущим значением скорости. С увеличением частоты инерция проявляется все больше, и соответственно растет отставание отклика счетчика. При всех частотах среднее значение отклика ЧА превышает среднее значение скорости, что определяет возникновение ДП. При частоте около 10 Гц ЧА перестает реагировать на пульсацию потока. Частота вращения становится практически постоянной и большей, чем соответствующая средней скорости ветра.



Зависимость ДП от частоты полностью соответствует зависимости отклика. При низких частотах ДП близка к нулю. С увеличением частоты ДП растет, достигая максимального значения. ДП также сильно зависит от максимальной скорости ветра и от амплитуды пульсации скорости.

Полученные результаты по ДП обобщены путем введения безразмерных переменных: динамической погрешности и частоты пульсации потока.

Изложенный метод полностью применим к другим типам тахометрических измерителей скорости потока воздуха, например, к крыльчатым анемометрам



METROLOGICAL SUPPORT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS STORAGE OF PETROLEUM PRODUCTS IN STATIONARY TANKS

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ У СТАЦІОНАРНИХ РЕЗЕРВУАРАХ

Лазаренко Н. С.¹, Микийчук М. М.²

Біла Церква¹, Львів², Україна

Keywords: metrological support, technological process storage of petroleum products.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, технологічний процес зберігання нафтопродуктів.

Анотація

Як наукова основа інформаційно-вимірювальних систем, які використовуються для накопичення, короткочасного зберігання та обліку «сирої» і товарної нафти, метрологія повинна забезпечувати надійність, достовірність і правильність вимірювальної інформації, а також законодавчо регламентувати єдність вимірювань у державі, єдність методів і одноманітність засобів контролю за технологічними процесами та продукцією. Нафтові резервуари – це ємності різних розмірів, призначені для накопичення, короткочасного зберігання та обліку «сирої» і товарної нафти. Градування нафтових резервуарів геометричним методом застосовуються до наземних резервуарів одностінної конструкції. До підземних і двостінних резервуарів вона не застосовується, внаслідок неможливості проведення необхідних вимірів. Метрологічна перевірка резервуару об'ємним методом використовується для ємностей будь-якого виду і конфігурації. Об'ємно-масовим та масовим динамічним методами визначається маса нафти і нафтопродуктів безпосередньо у нафто- і нафтопродуктопроводах, а також при відпуску нафтопродуктів до автоцистерн та залізничних цистерн на автоматизованих системах наливу. За цими методами об'єм або масу нафти і нафтопродуктів вимірюють із застосуванням об'ємних або масових лічильників. Прямим (ваговим) методом вимірюють масу нафти і нафтопродуктів у тарі та транспортних засобах шляхом зважування на вагах (залізничних та автомобільних цистерн) для статичного зважування середнього класу точності згідно з ДСТУ EN 45501:2016 (EN 45501:2015, IDT) «Метрологічні аспекти неавтоматичних зважувальних приладів» із кількістю повірочних поділок не менше ніж 3000. Об'єм нафти і нафтопродукту в залізничних цистернах мас визначатися за допомогою посантиметрових градуювальних таблиць, виходячи із заміряного рівня наповнення. Сучасні сканери і комплектне програмне забезпечення до них дозволяють економити кошти за рахунок комплексного використання результатів сканування всіх об'єктів, які знаходяться на нафтобазах та АЗС. Удосконалення нормативного та методичного забезпечення вимірювань технологічного процесу зберігання нафтопродуктів у стаціонарних резервуарах дозволяє підвищити точність та забезпечити єдність цих вимірювань.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К УЧЁТУ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В УКРАИНЕ

Народницкий Г. Ю., Неежмаков П. И.
Харьков, Украина

Keywords: petroleum products, flowmeters, level gauges, counters, inaccuracy.
Ключевые слова: нефтепродукты, расходомеры, уровнемеры, счетчики, погрешность.

Аннотация

Анализируются меры по повышению точности и надёжности учёта нефти и нефтепродуктов в Украине на основе введения обязательного оснащения акцизных складов нефтепродуктов уровнемерами-счётчиками и расходомерами-счётчиками.

С 1 января 2018 года введено в действие Постановление Кабинета Министров Украины № 891 от 22.10.2017 г. об оснащении акцизных складов нефти и нефтепродуктов уровнемерами-счётчиками и расходомерами-счётчиками. Уровнемеры-счётчики должны не только измерять уровень нефти и нефтепродуктов в резервуарах, но и, с помощью вводимой в память уровнемера градуировочной таблицы резервуара, каналов измерения температуры и плотности нефти и нефтепродуктов, определять объём полученных и отпущенных нефти и нефтепродукта, приведенных к 15 °С. Таким образом, уровнемер выполняет функцию счётчика объёма, приведенного к 15 °С. В то же время объём поступающих и отпускаемых нефти и нефтепродуктов измеряется расходомером-счётчиком (также приведённым к температуре 15 °С). Вся текущая информация в реальном масштабе времени передаётся в электронном виде в подразделение Государственной фискальной службы. Порядок ведения Единого государственного реестра предусматривает автоматическую передачу данных: с 1 июня 2018 г. – для акцизных складов с резервуарами общей вместимостью более 20000 м³; с 1 января 2019 г. – для акцизных складов с резервуарами общей вместимостью от 1000 до 20000 м³; с 1 июня 2019 г. – для акцизных складов с резервуарами общей вместимостью не более 1000 м³. Требуемая максимально допускаемая погрешность уровнемера и расходомера определяется действующей инструкцией по учёту нефти и нефтепродуктов и для нефтепродуктов равна ± 2 мм, для нефти – ± 3 мм. Максимально допустимая погрешность расходомера-счётчика, реализующего косвенный метод динамических измерений, согласно Инструкции и действующему стандарту, должна обеспечивать измерение объёма нефти и нефтепродуктов, приведенных к 15 °С, с погрешностью не более ± 0,25 %.

ESTABLISHMENT OF THE NATIONAL STANDARD OF THE UNIT OF AVERAGE POWER AND ENERGY OF LASER RADIATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Длугунович В. А., Исаевич А. В., Круплевич Е. А., Насенник Л. Н.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: national standard, average power, energy, laser radiation, calibration.
Ключевые слова: национальный эталон, средняя мощность, энергия, лазерное излучение, калибровка.

Аннотация

Создается национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения (ЭСМЭЛИ) Республики Беларусь, который обеспечит воспроизведение и хранение в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм единицы средней мощности лазерного излучения (ЛИ) в динамическом диапазоне от 10⁻⁹ до 2 Вт с относительной стандартной неопределенностью, не превышающей 0,07 %, и единицы энергии ЛИ в диапазоне от 10⁻⁹ до 1 Дж с неопределенностью не более 0,5 %, а также передачу единицы средней мощности ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 и 10,6 мкм и единицы энергии ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 мкм. ЭСМЭЛИ будет соответствовать требованиям действующего в Республике Беларусь межгосударственного стандарта ГОСТ 8.275-2016 «Государственная поверочная схема для средств измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм».

Национальный эталон единиц средней мощности и энергии ЛИ обеспечит потребности Республики Беларусь в поверке (калибровке) эталонов низшего звена, поверочных (калибровочных) установок и рабочих СИ энергетических характеристик ЛИ, позволит принимать участие в международных сличениях.

GONIOMETRIC SETUP FOR INVESTIGATION OF THE RADIATION OPTICAL CHARACTERISTICS OF LUMINESCENT STRUCTURES

ГОНИОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ СТРУКТУР

Никоненко С. В., Прислопский С. Я., Станкевич В. В.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: goniometric setup, light flux, chromaticity coordinates, luminescence.
Ключевые слова: гониометрическая установка, световой поток, координаты цветности, люминесценция.

Аннотация

Представлена информация о принципе действия созданного комплекса для исследования оптических характеристик образцов люминесцирующих структур и результатах его метрологической аттестации. Комплекс позволяет выполнять измерения светового потока, координат цветности и спектральной плотности энергетической освещенности излучения, рассеянного или испущенного образцами люминесцирующих структур, при возбуждении люминесценции внешним лазерным излучением либо электрическим током.

REFERENCE UVB AND UVC LED SOURCES

РЕФЕРЕНСНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ДИАПАЗОНОВ СПЕКТРА СИЕ В и С

Никоненко С. В., Луценко Е. В., Данильчик А. В.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: ultraviolet, measurement, LED, reference source.
Ключевые слова: ультрафиолет, измерение, светодиоды, референсный источник излучения.

Аннотация

Одним из перспективных способов повышения точности измерений в ультрафиолетовом диапазоне спектра является применение референсных источников излучения, созданных на основе светодиодов, вследствие их стабильности и длительного времени жизни. В Институте физики НАН Беларуси разработаны референсные светодиодные источники излучения для ультрафиолетовых диапазонов спектра СИЕ В и С. Рассмотрены результаты исследований спектральных, энергетических и пространственных характеристик референсных светодиодных источников излучения. Обсуждается возможность применения созданных референсных светодиодных источников излучения для передачи размера радиометрических и спектрорадиометрических величин, а также для калибровки УФ-радиометров.

HIGH POWER LED BASED STANDARD LAMPS FOR LUMINOUS FLUX AND LUMINOUS INTENSITY

ЕТАЛОННІ ЛАМПИ СИЛИ СВІТЛА І СВІТЛОВОГО ПОТОКУ НА ОСНОВІ СВІТЛОДІОДІВ ВИСОКОЇ ПОТУЖНОСТІ

Scums D., Eroshenko B.
Minsk, Belarus

Keywords: luminous intensity, luminous flux, standard lamp, LED, photometry.
Ключові слова: інтенсивність світла, світловий потік, стандартна лампа, світлодіод, фотометрія.

Abstract

The situation with metrological assurance of the measurement of luminous flux and luminous intensity in recent years has become much more complicated. Firstly, in accordance with the requirements of international standards, during calibration of photometric equipment, it is necessary to use a source with a spectral power distribution (SPD) as close as possible to the SPD of the DUT. And SPD's of the incandescent lamps, fluorescent lamps and LED's are differ greatly. Secondly, after the entry into force of the EU Directive 2005/32 / EG, the world's major producers turned down the production of incandescent lamps. At the same time, the production of the standard lamps for metrological propose was also closed. Similar production lines in the countries of the former USSR were closed in the 90's. Thus the relevance of the problem is not in doubt.

BelGIM together with Cersis Analyst Company were designed and manufactured LED based reference lamps. The lamp was originally designed for use not only as a part of National Standards, but also as a transfer standard for verifications and calibrations of customers equipment.

Our analysis of the sources of uncertainty of the LEDs photometric parameters (associated with the light source itself) showed that the main ones are the uncertainties caused by the instability of the power source and the temperature regime of LED chip. Also in the works carried out within the framework of the EUROMET PhotoLED project it was shown that the lowest uncertainty of the results of measurements of photometric parameters (on equipment calibrated by the LED-based standard) is achieved when used as a reference LED with CCT 4000 K. Based on this concept the reference lamp was created . COB LED manufactured by CREE is placed in an aluminum housing providing primary heat dissipation. Thermostabilization at a temperature of 20 °C is provided by Peltier element and a feedback loop based on the pt-1000 temperature sensor located on the LED surface. Cooling of the Peltier element is performed by a supply fan, while the LED is completely shielded from the effect of air movement. The temperature controller of the LED is located outside the lamp and communicates with it, depending on the required configuration, either through the fittings of the calibrated equipment, or through an optional external

cable. This measure is greatly reduce the overall dimensions of the source and apply it to calibrate photometric spheres with a diameter of 1 m or more. Lamps are equipped with a set of interchangeable connectors that provide compatibility with the power fittings of photometric spheres produced by Instrument Systems GmbH or through a E27 socket. The lamps are powered by an external high-stabilized power source Keithley 2400. The light sources are made in two models: SIIP and SIIS, as reference lamps of luminous flux and luminous intensity respectively. The SIIP design differs from the SIIS by the presence of a diffuser for creation a uniform luminous flux and a horizontal orientation of the LED. It was established based on research of metrological characteristics of standard LED lamps:

- instability of photometric characteristics during 4 hours of continuous operation, not more than 0,05 %;
- instability of photometric characteristics for 500 hours, not more than 0,1 %.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ФОТОМЕТРІВ І МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ляшенко О. М., Несжмаков П. І., Тимофєєв Є. П., Балабан В. М., Литвиненко А. С.
Харків, Україна

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

Ключові слова: фотометр, світловий потік, розподіл інтенсивності випромінювання, фотометрична куля.

Анотація

Результати вимірювань просторового розподілу випромінювання кривих сил світла (КСС) дозволяють оцінити абсолютні значення різних характеристик випромінювача (форму і напівширину КСС, осьову силу світла, повний світловий потік); отримати інформацію про ефективність вторинної оптики (для світлодіодів). Основні вимоги до прямих і непрямих методів вимірювання КСС і світлового потоку: універсальність застосування для різних джерел світла, точність вимірювань одиниць, можливість отримання супутніх характеристик, умови вимірювання і необхідність певного вимірювального обладнання. Найбільш поширеними і традиційними є методи вимірювання КСС і світлового потоку за допомогою сферичного інтегратора, гоніофотометра або гоніофотометра ближнього поля.

Найчастіше для точного визначення кутового просторового розподілу інтенсивності випромінювання і світлового потоку випромінювачів застосовуються гоніофотометри, які мають такі недоліки: великі розміри, висока вартість, тривалість виконання вимірювань, а також необхідність спеціального приміщення для забезпечення необхідної відстані фотометрування. Для усунення цих недоліків пропонуються вдосконалені конструкції фотометрів зі світловодами, що забезпечують можливість вимірювати світлотехнічні характеристики випромінювання під різними кутами, не задіюючи при цьому пристрої обертання джерела світла. Це покращує і розширює технічні характеристики та ефективність використання фотометра, а також дозволяє прискорити й автоматизувати процес вимірювань, знизити їх вартість.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Тимофєєв Є. П., Литвиненко А. С., Ляшенко О. М.
Харків, Україна

Keywords: dosimeter, laser, dosimetric control, automation of measurements.

Ключові слова: дозиметр, лазер, дозиметричний контроль, автоматизація вимірювань.

Анотація

Широке застосування лазерних установок і зростання рівнів їх енергетичних характеристик, що можуть завдати значної шкоди здоров'ю обслуговуючого персоналу та іншим присутнім у зоні дії прямого і відбитого лазерного випромінювання, обумовлюють необхідність постійного дозиметричного контролю в цих зонах. Однак асортимент контролюючого обладнання є невеликим і складається переважно із застарілих дозиметрів, кількість яких постійно зменшується. Для скорочення часу і вартості дозиметричного контролю при високій якості необхідне вдосконалення засобів дозиметричного контролю.

Для вирішення цих завдань були запропоновані лазерні дозиметри із удосконаленими конструкціями для автоматизованого контролю довжини хвилі та виявлення і визначення кутових координат лазерного випромінювання.

Можливість автоматизованого вимірювання довжини хвилі лазерного випромінювання забезпечується завдяки спеціальному виконанню додаткового фотоприймального пристрою. Запропонована конструкція дозиметра не потребує застосування спеціальних дорогих вимірювачів довжини хвилі, що значно скорочує час вимірювання і зменшує ціну.

При проведенні контролю параметрів лазерного випромінювання в робочій зоні доводиться виконувати завдання швидкого знаходження і оцінки кутових координат джерела лазерного випромінювання. Вдосконалення конструкції пристрою виявлення і визначення кутових координат лазерного випромінювання виконано завдяки застосуванню об'ємного матованого екрана і фотоприймальної матриці, що дозволяє одночасно виявляти лазерне випромінювання, яке надходить із різних напрямків у місце проведення дозиметричних вимірювань. Це спрощує конструкцію, скорочує час виявлення і визначення координат джерела лазерного випромінювання, що в кінцевому результаті покращує технічні характеристики пристрою і знижує вартість дозиметричного контролю.

Дозиметри з автоматизованим контролем довжини хвилі та виявлення і визначення кутових координат лазерного випромінювання полегшать і зменшать вартість проведення дозиметричного контролю службою санітарно-гігієнічного нагляду, для органів випробувань і сертифікації продукції, організацій і медичних установ.

ВИМІРЮВАННЯ ФОТОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Пітяков О. С.
Харків, Україна

Keywords: photobiological safety, radiation, spectral density, reception angle.

Ключові слова: фотобіологічна безпека, випромінювання, спектральна щільність, кут прийому.

Анотація

Вченими доведено шкоду синьої складової випромінювання, яка особливо виражена у світлодіодів. Також було встановлено меланопічні процеси в організмі, на які впливають спектральний склад випромінювання та рівень освітленості, а це, у свою чергу, впливає на гормональний стан людини. Деякі дослідження навіть доводять вплив оптичного випромінювання твердотільних джерел світла на функції і стан мозку людини та навіть їх бактерицидну дію. Тому виникає необхідність створення лабораторних установок для визначення фотобіологічних показників випромінювання джерел світла. Нормативним документом, що класифікує джерела світла за їх фотобіологічною безпекою, є стандарт ІЕС 62471 «Фотобіологічна безпека ламп та лампових систем» та вітчизняний варіант – ДСТУ ІЕС 62471:2009. Основною вимогою цих стандартів є обмеження граничного опромінення людини від ламп та лампових систем у встановлених межах – інтегральну енергетичну яскравість на поверхні ока чи шкіри людини. Тому визначення параметрів фотобіологічних показників випромінювання ламп та лампових систем потребує специфічного обладнання та методик.

Головною характеристикою фотобіологічного впливу випромінювання джерел світла є спектральна щільність, яка дає можливість оцінити такі можливі небезпеки випромінювання, як тепловий вплив випромінювання на сітківку та її фотохімічне пошкодження. Для виникнення пошкодження сітківки ока вирішальне значення має розмір опромінюваної поверхні сітківки джерелом світла. Мінімальне зображення на сітківці обмежується кутом 1,7 мрад. Фіксація погляду здійснюється дуже швидко в межах 150–400 мс і може спонтанно перериватися, переміщуючи поле зору в межах кута 1–5 градусів два-три рази на секунду. Такі очні рухи приводять до того, що випромінювання джерела світла поширюється на більшій ділянці сітківки за короткий час. При тривалості випромінювання більше 10 секунд зображення точкового джерела світла покриває область сітківки, що відповідає куту приблизно 11 мрад. Здатність дивитися в одну точку протягом більше 100 секунд зникає, що приводить до розподілу освітленості на сітківці, а діаметр опромінюваної поверхні сітківки збільшується. При впливі випромінювання протягом 10000 секунд на сітківці виникає пряме зображення точкового джерела світла, а кут досягає 100 мрад. При цьому рух очей приводить до збільшення часу експозиції, зменшуючи ризик пошкодження сітківки. Для визначення спектральної щільності випромінювання пропонується користуватися двома методами: кут прийому визначається за допомогою польової панелі, що встановлюється перед детектором (стандартний метод); кут прийому визначається за допомогою польової панелі, що встановлюється перед джерелом випромінювання (альтернативний метод).

МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ КОРЕЛЬОВАНОЇ КОЛІРНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ БІЛИХ СВІТЛОДІОДІВ НА ОСНОВІ КОЛОРИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛЮМІНОФОРІВ

Хміль Д. М., Камуз О. М., Сорокін В. М.
Київ, Україна

Keywords: sphosphor, white LED, absorption coefficient, chromaticity coordinates.

Ключові слова: люмінофор, білий світлодіод, коефіцієнт поглинання, координати колірності.

Анотація

Одним із головних напрямків розвитку науки в ХХІ сторіччі є енергозбереження, у якому провідну роль відіграє впровадження світлодіодного освітлення. Щорічне збільшення світлової віддачі типових білих світлодіодів разом із покращенням параметрів ефективності оптичних модулів, електричних драйверів та систем відводу тепла дозволяють створювати все більш ефективні світлодіодні освітлювальні системи.

Високі ефективність, якість та стабільність випромінюваного світла білих світлодіодів практично повністю залежать від властивостей люмінофорів, що сприяє вдосконаленню старих та розробці широкого спектру нових люмінофорів. Саме тому розроблення методів експрес-аналізу та діагностування властивостей люмінофорів є актуальним завданням.

У роботі наводиться новий математичний метод, який на основі експериментально визначеної залежності координат колірності системи «синій світлодіод – люмінофор» від об'ємної концентрації люмінофору та вимірювання координат колірності для одного тестового зразка дозволяє встановити діапазон можливих корельованих колірних температур білих світлодіодів із даним люмінофором.

СВІТЛОДІОДНІ ОСВІТЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ: СТАТИСТИКА ВИПРОБУВАНЬ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПУЛЬСАЦІЙ ОСВІТЛЕНОСТІ

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

Keywords: LED lighting systems, test statistics, percent flicker.

Ключові слова: світлодіодні освітлювальні системи, статистичні дані випробувань, коефіцієнт пульсацій освітленості.

Анотація

Світлодіодні освітлювальні системи займають провідну позицію за енергоефективністю серед усіх інших типів джерел світла, і на сьогодні їх типова світлова віддача вже сягає 120 ÷ 160 лм/Вт. Усе більше уваги приділяється якості світлодіодного освітлення, створенню систем освітлення з параметрами, подібними до природного, особливо для освітлення місць перебування людини, де важливими параметрами світла є індекс кольоропередачі, комфортність рівня освітленості, його пульсації та ряд інших параметрів, які впливають на психофізичний стан людини.

У роботі проведено аналіз зміни основних світлових та електричних параметрів світлодіодних освітлювальних систем різних типів (лампи, світильники для внутрішнього та зовнішнього освітлення), представлених на ринку України, за період 2013–2018 рр. Для ламп та систем внутрішнього освітлення особливу увагу приділено аналізу наявності сучасних освітлювальних систем із високим рівнем сукупності таких параметрів, як індекс кольоропередачі та пульсації освітленості. Проведено аналіз методів для визначення коефіцієнта пульсацій освітленості, а також наведено результати порівняння двох типових пульсометрів на базі наданого раніше стенду для створення пульсацій освітленості різної форми та частоти на основі світлодіодів, який також має канал їх детектування та визначення параметрів із функцією графічного представлення епюр пульсацій освітленості.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОФАЗНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ СВІТЛОДІОДНОГО СВІТИЛЬНИКА ТИПУ «БРА»

Пекур Д. В., Ніколаєнко Ю. Є., Сорокін В. М., Баранюк О. В., Калустова Д. О., Рибалочка А. В.
Київ, Україна

Keywords: LED fixture, heat sink, heat pipe, temperature, computer model.

Ключові слова: світлодіодний світильник, тепловідвід, тепла труба, температура, комп'ютерна модель.

Анотація

На сьогодні одним із найбільш актуальних завдань, що стоять перед розробниками і виробниками світлодіодної продукції при проектуванні потужних світлодіодних світильників, є розробка високоефективних систем охолодження. Зниження температури р-п переходу світлодіодів за рахунок ефективного відводу теплоти дозволяє підвищити світлову ефективність освітлювальних систем і подовжити термін їх служби.

Проведено аналіз різних підходів зі створення ефективних систем охолодження потужних світлодіодних світильників. Особливу увагу зосереджено на зразках, побудованих із використанням явищ, які мають найвищу ефективність теплообміну, а саме процесах передачі теплоти при зміні фазового стану речовини, таких як випаровування, кипіння та конденсація в замкнутих термосифонах і теплових трубах, завдяки чому їх еквівалентна теплопровідність може значно перевищувати теплопровідність металів.

Досліджено експериментальний зразок системи охолодження на основі гравітаційної теплової труби, яка призначена для використання у світлодіодних світильниках типу «бра». Створено комп'ютерні моделі цього об'єкта та проведено співставлення результатів моделювання й експериментальних досліджень. У результаті проведених досліджень показано, як, використовуючи уточнення комп'ютерних моделей за рахунок експериментальних вимірювань, можна підвищити точність моделювання та передбачити потрібні параметри аналогічних систем охолодження.

ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ВИМОГ ДО МЕЖ ПРИПУСТИМОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ КООРДИНАТ КОЛЬОРІВ ДЕРЖАВНОГО ПРАПОРА УКРАЇНИ

Говорова К. В., Неежмаков П. І., Івков А. Г.
Харків, Україна

Keywords: color, State Flag, reference material, requirements for the accuracy of certified characteristics.

Ключові слова: колір, Державний Прапор, референтний матеріал, вимоги до точності сертифікованих характеристик.

Анотація

Колір прапора відбиває колірні вподобання народу і є конститутивним символом нації та держави, його сталість є надто важливою в боротьбі за їх існування і виживання. Показано необхідність створення відповідного засобу порівняння, придатного для контролю відповідності вимогам ДСТУ 4512 «Державний Прапор України. Загальні технічні умови» кольорів таких прапорів із достатньою точністю. Запропоновано обґрунтовані в результаті проведених досліджень значення вимог до невизначеностей сертифікованих значень референтного матеріалу (робочого еталона), необхідного для калібрування автоматичного спектрометра в рутинних (серійних, поточних) вимірюваннях координат кольорів зразків Державного Прапора України.

Області допусків на контрольований параметр для характеристик властивостей кольорів Прапора в ДСТУ 4512 задані не як нижня і верхня межі певного лінійного відрізка на осі значень якогось одного контрольованого параметру, а у вигляді обмежених відповідними межами довільної форми площин припустимих значень хроматичних координат x для жовтого та синього кольорів. Для вирішення цього питання запропоновано використати «перерізи» площин і з використанням критерію метрологічної незначущості визначити межі допустимих значень, отримані окремо для значень по осях абсцис і ординат.

Розглянуто ідею реалізації задавання допуску (меж допустимих значень) координат кольорів Прапора України за допомогою відповідних кругів, а не площин довільної форми.

ПРИСМЕРКОВА (МЕЗОПІЧНА) ФОТОМЕТРІЯ І ОСВІТЛЕННЯ

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

Keywords: lighting, brightness, dimmer (mesopic) photometry.

Ключові слова: освітлення, яскравість, приримеркова (мезопічна) фотометрія.

Анотація

Прийнята в 2010 р. система приримеркової фотометрії «CIE IS1:2010 Recommended System for Masonic Photometry Based on Visual Performance» проклала місток у прогаліні між фотометричною і скотопічною функціями спостерігача. При цьому визначає спектральні функції світлової ефективності в мезопічному діапазоні, а також системи точних визначень фотометричних величин для всіх типів джерел світла за будь-яких рівнів.

Важливим показником для мезопічної системи є S/P – відношення. Воно дорівнює результату ділення величини вихідного сигналу в скотопічному діапазоні до величини вихідного сигналу в фотометричному діапазоні.

Більше значення S/P означає: короткохвильовий контент (тобто спектр джерела світла знаходиться більшою мірою в короткохвильовій області), покращення мезопічних характеристик, необхідні значення ламп виробників, просту метрику для мезопічних застосувань. Дуже великі значення S/P небажані, оскільки повинен бути баланс між мезопічною ефективністю і прийнятними колірними властивостями.

Рівні освітлення на вулицях уночі якраз відповідають мезопічному діапазону. Мезопічна система повинна використовуватися для встановлення рівнів освітленості вулиць у спосіб, який корелюється візуальною ефективністю. Освітлення з підвищеною пропорцією коротких довжини хвиль є більш ефективним, ніж освітлення з більшими довжинами хвиль. Проте відносно широке спектральне покриття також необхідне для деяких задач (розпізнавання обличчя та ін.). LED дають визнані можливості для мезопічної ефективності та хороших колірних властивостей.

Використовуючи мезопічні фотометричні обчислення, коли HPS і LED вуличні інсталяції були порівняні за тих самих умов, LED світильники виявилися більш ефективними для кращого бачення в нічних умовах керування автомобілем, ніж HPS світильник. Точніше, LED мають кращу видимість порівняно з HPS за того ж самого освітлювального рівня і меншого споживання потужності. Це завдяки широкому білому спектру LED, який підвищує S/P відношення більше ніж одиниця (2,07 при 5500 К проти S/P відношення HPS: 0,40 при 2000 К).

Фотометрична яскравість, яка вимірюється за LED вуличного світла, перетворюється до результатів мезопічної яскравості в підвищене значення. Навпаки, значення мезопічної яскравості завжди менше, ніж відповідно фотометрична яскравість HPS світильника.

НОВІТНІ МЕТРИКИ В ФОТОМЕТРІЇ ТА КОЛОРИМЕТРІЇ

Назаренко Л. А.
Харків, Україна

Keywords: luminous, spectral, function, color rendering.

Ключові слова: освітленість, спектр, функція, кольоропередача.

Анотація

Від 1924 р. і до сьогодні фотометрична функція світлової ефективності $V(\lambda)$ була єдиною спектральною ваговою функцією для кількісного оцінювання світла. Спираючись на подальші, пов'язані з великим об'ємом дослідження нейрофізіології, ми тепер знаємо, що $V(\lambda)$ тільки апроксимуємо спектральну чутливість двох із п'яти типів фоторецепторів у ретині й таким чином не повністю характеризуємо спектральний діапазон людської візуальної (і не візуальної) чутливості до електромагнітного випромінювання. З цієї причини ширшу універсальну функцію світлової функції ($U(\lambda)$), засновану на спектральній чутливості всіх п'яти фоторецепторів у людській ретині, пропонується використовувати для кількісного оцінювання світла. Подібно $V(\lambda)$, $U(\lambda)$ обмежена довгохвильовим кінцем спектральної чутливості довгохвильовою чутливістю (L) колбочки.

На відміну від $V(\lambda)$, яка обмежена короткохвильовим кінцем спектру спектральною чутливістю середньохвильовою (M) колбочки, $U(\lambda)$ обмежена кінцем короткохвильового спектру спектральною чутливістю короткохвильової чутливості (S) колбочки.

Проведені нещодавно дослідження показують, що світлодіодні джерела світла з вузькосмуговим спектром і низьким CRI можуть бути переважні, ніж широкосмугові LED джерела з високим CRI. Індекс гамма-площини (GAI – gamut area index) набагато кращий, ніж CRI, як показник колірного розрізнення, одного з важливих аспектів колірного перенавантаження GAI, є зручним способом охарактеризувати в колірному просторі, як насичене опромінення робить показ об'єктів.

Практики з освітлення вважають колірне передавання більш важливим, ніж світлова ефективність, у багатьох застосуваннях. Результати вивчення показують, що високі рівні CRI і GAI не є одним показником колірного вимірювання. Кожна метрика має свою сильну і слабку сторону, проте разом джерела з високими рівнями обох CRI і GAI є прийнятними для архітектурних застосувань. Результати підтверджують висновок, що двометрична система колірного передавання необхідна для загального застосування в освітленні.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ ТА СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРАЗКІВ СВІТЛОДІОДНОГО СВІТИЛЬНИКА

Колесник А. І., Усіченко Д. О.
Харків, Україна

Keywords: LED, temperature, measurement, heat flux, radiator.

Ключові слова: світлодіод, температура, вимірювання, тепловий потік, радіатор.

Анотація

Під час експлуатації світлодіодного світильника дуже важливу роль відіграють кліматичні фактори. Кліматичне виконання – одна з найважливіших експлуатаційних характеристик світлових приладів, яка показує можливість їх застосування за певних кліматичних умов навколишнього середовища. До факторів, що визначають кліматичне виконання світлових приладів, відносять:

- температуру експлуатації;
- вологість навколишнього повітря;
- атмосферний тиск.

З урахуванням вищезазначеного радіатор/корпус світильника повинен забезпечити нормальне функціонування за різних кліматичних умов, при цьому падіння світлових та електричних характеристик не повинно перевищувати 10 % згідно з діючими нормативними документами. Випробування проводилися для вуличного світильника, категорія розміщення якого У1, тобто світильник повинен функціонувати в діапазоні температур від -45 до $+40$ °С.

Які відомо, виробник у паспорті на LED-модуль наводить світлотехнічні характеристики за температури 25 °С в активній зоні. Здатність радіатора відводити тепло та температура навколишнього середовища впливають на робочі характеристики, з іншого боку – знаючи робочі (світлові) характеристики, можна оцінити працездатність корпусу зразка в аномальному режимі роботи. Випробування проводилися з метою контролю відповідності виробу вимогам конструкторської документації, дослідження теплових режимів зразка в процесі роботи, перевірки здатності світлодіодних модулів протистояти руйнівній дії тепла, контролю світлотехнічних параметрів, визначення світлової ефективності світлодіодних модулів непрямыми і прямими тепловими й оптичними вимірюваннями.

Для чіткості робочої картини було встановлено потужний LED-модуль на корпус. Температура корпусу під час базових вимірювань становила $+45$ °С, за температури навколишнього середовища $+24,2$ °С.

На наступному етапі вимірювань шляхом нагрівання в кліматичній камері температуру навколишнього середовища було збільшено до $+40$ °С. Оскільки

час вимірювань займає 36 с, а крок випробувань – 5 нм, то падінням температури корпусу безпосередньо під час випробувань нехтується (падіння температури становить 0,2 °С). Аналізуючи результати, відхилення світлових характеристик становить <10 %. Температура на поверхні підкладки модуля на перевищує допустиму граничну температуру, при пропусценні номінального струму в 1,67А становить 51 °С, а перегрів щодо температури навколишнього середовища становить 30 °С. Таким чином, працездатність світлодіодного модуля у складі LED-модуля та зразок за температури навколишнього середовища 60 °С підтверджено і дорівнює 107 °С. Запас за температурним режимом становив 18 °С.

Дослідження і вимірювання параметрів корпусу для світлодіодного світильника є одним із головних завдань, оскільки корпус відповідає за режими роботи світлодіодів, тоді як температура світлодіодів безпосередньо впливає на тривалість життя світлодіода і його якісні характеристики. Проведені розрахунки світлотехнічних характеристик і експериментальні дослідження теплового режиму роботи світлодіодного модуля, змонтованого в запропонованому корпусі світильника, показують, що стосовно відведення тепла і стабільної роботи корпус задовольняє вимоги стабільної роботи світлодіодів зі зменшенням їхнього світлового потоку.

СПЕКТРАЛЬНІ І ФОТОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІОДНИХ СВІТИЛЬНИКІВ

Усіченко Д. О., Колесник А. І.
Харків, Україна

Keywords: вимірювання, світлодіод, спектр, фотометр, метрологія.
Ключові слова: measurement, LED, spectrum, photometer, metrology.

Анотація

Науковий прогрес торкнувся всіх галузей науки. Не винятком стала і сфера діяльності світлотехнічної продукції. Оскільки штучне освітлення займає одну з основних позицій у сфері діяльності сучасної людини, то значну кількість сил та ресурсів спрямовано на її розвиток. На сьогодні розроблено та введено в експлуатацію велику кількість обладнання для випробування/вимірювання/аналізу електричних та фотометричних характеристик джерел світла (ДС). Але випробувальне обладнання сьогодення було спроектовано та розроблено для випробувань класичних джерел світла, таких як лампа розжарювання, газорозрядна лампа низького та високого тиску.

При появі фундаментально нових джерел світла на основі напівпровідників (світлодіодних ламп) це обладнання для дослідження впливу фізичних факторів на матеріальні об'єкти показує непередбачені результати. Фотометричні характеристики ґрунтуються на сприйнятті людським оком випромінювання у видимому діапазоні довжин хвиль 380–760 нм. Таким чином спостерігається така картина, що кількість світла значно вища, ніж у класичних джерел світла, а показники приладів реєструють суттєво нижчі дані. Тобто стрімкий розвиток світлодіодних ДС може призвести до того, що це випробувальне обладнання не зможе коректно проводити випробування та реєструвати випромінювання від них, а методи, що застосовувалися під час випробувань, необхідно корегувати або взагалі змінювати на нові.

Головною причиною є спектр, відмінний від класичних джерел світла, а також природа випромінювання. Існуючі рекомендації, розроблені МКО 127-2007 «Фотометрія світлодіодів», не встигають за стрімким розвитком світлодіодних ДС та повністю ґрунтуються на досвіді випробувального персоналу. Тобто при створенні методу випробувань необхідно брати до уваги те, що лампи мають різні спектри випромінювання. Джерела світла на базі тіла розжарювання, напівпровідника та газорозрядні лампи по-різному перетворюють енергію від електричного струму в світлову енергію. А значить, приймач (фотометрична головка) по-різному сприймає випромінювання у видимому діапазоні спектру. Не слід забувати про сприйнятливність цього випромінювання людським оком. Для порівняння різних джерел світла проектувалося та створювалося

спеціальне обладнання, розроблялися методи аналізу та дослідження. Адже тільки після перевірки основних характеристик та якісного дослідження джерел світла можна порівняти їх. Виникає необхідність проведення міжлабораторних порівняльних тестів для п'яти світлотехнічних лабораторій в Україні. Проект націлено на вирішення ключової проблеми скорочення викидів парникових газів в Україні шляхом впровадження у ринок енергозберігаючих технологій освітлення і поступової поетапної відмови від неефективних освітлювальних приладів та світильників у житлових і громадських будівлях.

Як випробувальне обладнання для експерименту використовували комплексну систему, яка тестує електричні та світлові характеристики джерел світла, на базі спектр-радіометра. Ця система пройшла всі відповідні перевірки та акредитована згідно з ISO/IEC 17025:2008 та ISO/IEC 17043:2014 рр., високий рівень підготовки персоналу та готовність обладнання для аналізу світлодіодних ДС підтвердила одна з провідних лабораторій світу – National Lighting Centre China (NLTC).

Різний підхід до поставленого завдання не тільки призводить до великого розкиду результатів випробувань по різних метрологічних центрах, але й до розбіжності всередині випробувальних лабораторій, тобто відтворюваність результатів – близько $\pm 25\%$. Прив'язаність до національних еталонів не виправляє цю ситуацію, а існуючі методи необхідно корегувати.

MODEL OF SEVERAL POINT LIGHT SOURCES

МОДЕЛЬ ДЕКІЛЬКОХ ТОЧКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Терещенко В. В., Купко О. Д., Балабан В. М.
Харків, Україна

Keywords: point light source, luminous intensity, inverse-square law, photometer, illuminance.

Ключові слова: точкове джерело, сила світла, закон обернених квадратів, фотометр, освітленість.

Анотація

Сила світла – це одна з основних фізичних величин, вимірювання якої необхідне в багатьох сферах науки та господарства. Сила світла дорівнює відношенню світлового потоку до тілесного кута, в межах якого проходить цей потік. Тілесний кут – це частина простору, що обмежена прямими, які проведено із однієї точки до всіх точок, мабуть, замкненої кривої, тобто для визначення необхідна точка. Якщо йдеться про точкове джерело, тілесний кут визначити легко, але ідеального точкового джерела не існує. Навіть звичайна вольфрамова лампа розжарювання має тіло розжарювання у вигляді спіралі, тобто тривимірного об'єкта. Існують перевідбиття між витками спіралі та стінками колби. На стінках колби лампи є відблиски, положення яких сильно залежить від кута спостереження, і локальні забруднення, які теж служать джерелами або поглиначами випромінювання залежно від свого розташування щодо спостерігача. Утворюється неоднорідне за напрямками випромінювання, яке не схоже на випромінювання точкового джерела. Якщо йдеться про вимірювання сили світла світловимірювальної лампи, то може трапитися, що джерело не єдине, що підсилюватиме освітленість обраної площини. Внаслідок цього освітленість обраної площини не завжди відповідає закону обернених квадратів, тобто існують труднощі з визначенням сили світла. Велика частина цих складнощів стає малозначущою при збільшенні відстані між джерелом і приймачем, тобто при наближенні до моделі точкового джерела. Зрозуміло, що кожне джерело світла, зокрема світловимірювальна лампа, має свою силу світла, яка не має залежати від того, яким чином вона була визначена.

Роботу присвячено аналізу застосування моделі, яка дозволяє оцінити силу світла реального джерела, використовуючи закон обернених квадратів на відстанях, недостатніх для того, щоб джерело вважати точковим.

Запропонована модель полягає в тому, що реальні елементи оптичної лави моделюються кількома точковими джерелами з відомими відстанями між ними та невідомими силами світла кожного з них. За вимірними освітленостями в кількох (достатньої кількості) положеннях приймача і за відстанню між цими положеннями визначається оцінка сили світла кожного точкового джерела і відстань від кожного з них до приймача. Приймається, що знайдена оцінка сили світла є силою світла реального неточкового джерела в напрямку, що визначається положеннями приймача при вимірюванні освітленостей. Модель декількох джерел без додаткових обмежень дає результати, залежні від вибору початкових умов для розрахунків.

Подальший розвиток моделі полягає в обліку сил світла джерел, що змінюються, і уточненні їх граничних значень, а також, у першу чергу, – в розробленні іншого методу рішення оберненої задачі.

ВИМОГИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Терещенко В. В., Губенко Д.
Харків, Україна

Keywords: solar cell, stand, photovoltaic module, thermal stabilization, uncertainty.
Ключові слова: сонячний елемент, стенд, фотоелектричний модуль, температурна стабілізація, невизначеність.

Анотація

Фотоелектричні модулі (ФЕМ) призначені для вироблення електричної енергії у складі сонячних станцій, при проектуванні яких необхідна інформація про номінальні значення фотоелектричних параметрів і відповідні межі допусків. Ці відомості зобов'язаний надати виробник фотоелектричної продукції. Для висновку про відповідність (невідповідність) ФЕМ за показниками функціонального призначення потрібно контролювати три фотоелектричних параметри: струм короткого замикання, напругу холостого ходу, максимальну потужність. Температура сонячного елемента в сильному ступені впливає на ККД. Кожен фотоелемент втрачає в робочій напрузі 0,002 В при зростанні температури на 1°C понад 25°C. Контроль температури ФЕМ необхідно здійснювати протягом усього процесу вимірювання, що дозволяє в подальшому корегувати отримані результати. Сучасні тестери сонячних елементів миттєво реєструють вольт-амперну характеристику (ВАХ), і проблем з оцінкою якості сонячного елемента не виникає. До температурних складових невизначеності результату вимірювання струму короткого замикання відносяться невизначеності, пов'язані з основною похибкою пристроїв для вимірювання температури, термопари Т-типу ($\pm 1^\circ\text{C}$), зміною температури досліджуваного ФЕМ під час вимірювання ($\pm 1^\circ\text{C}$) і неоднорідністю розподілу температури по його поверхні ($\pm 0,5^\circ\text{C}$). При обчисленні вкладів даних невизначеностей використовується температурний коефіцієнт, що враховує чутливість результату вимірювання струму короткого замикання до варіацій температури.

Таким чином, у рамках виконання робіт зі створення установки для дослідження електричних характеристик сонячних елементів було розпочато розробку терморегульованої платформи з можливістю юстування по трьох координатах. Така конфігурація значно розширює можливості стенду в напрямі дослідження впливу на результат кутової залежності. Включення до складу комплексу для вимірювання характеристик сонячних елементів (СЕ) обладнання для їх термостабілізації істотно зменшить внесок у сумарну невизначеність результату вимірювання ВАХ. Конструкція платформи реалізує 4х-зондовий метод контролю температури СЕ та підтримки її в номінальному режимі роботи за допомогою використання елементів Пельтьє.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЦІ СИЛИ СВІТЛА

Неєжмаков П. І., Терещенко В. В.
Харків, Україна

Keywords: detector, radiant source, single photon candela, luminous intensity, reproduction.
Ключові слова: приймач, джерело випромінювання, одnofотонна кандела, сила світла, відтворювання.

Анотація

Всесвітня тенденція впровадження визначення основних одиниць SI від фундаментальних констант є основним напрямом розвитку метрології на сьогодні. За останні роки розробці квантової реалізації одиниці сили світла – кандели приділяють увагу все більше провідних наукових установ. Ключовими аспектами є створення одnofотонних джерел випромінювання та відповідних приймачів, які здатні забезпечити точну реєстрацію наднизьких рівнів сигналів, що необхідно для створення надійного зв'язку з класичною радіометрією.

Одним із найвагоміших результатів, що були отримані за останні роки, був міжнародний проект EMPIR EXL02 «Single-photon sources for quantum technologies» за координацією РТВ. У проєкті запропоновано одnofотонні джерела на основі центрів домішок в алмазах. Розроблено імпульсний діодний лазер, в якому регулюється частота накачування одnofотонних джерел, а за рахунок підвищення частоти повторення імпульсів є можливість контролювати потік фотонів. Додатковою частиною проєкту стала розробка спеціалізованих приймачів. Заплановано підтвердження результатів проведенням міжнародних звірень із визначення ефективності його реєстрації. Партнерами проєкту EXL02 заплановано використання розробленого приймача як еталонного детектора і створення служб калібрування одnofотонних детекторів. Одночасно з РТВ вчені з NIST побудували квантові фотонні схеми на основі чипів, які використовують квантові властивості світла для більш надійної та швидкої обробки інформації. Архітектура, що була розроблена NIST, використовує нанометрові напівпровідникові структури (квантові точки з арсеніду індію) для генерації окремих фотонів на тому ж чипі, що й оптичні хвильоводи з нітриду кремнію. Попередні квантові інтегральні фотонні схеми склалися з пасивних пристроїв, які пропускали фотони або дозволяли їм зливатися, а фотони генерувалися поза чипом, що призводило до зменшення продуктивності схеми. У свою чергу, схеми, що включали квантову генерацію на чипі, були з джерелами, які генерували фотони випадковим чином із низькою швидкістю. Запропонована архітектура і процеси виготовлення дозволяють надійно створювати крупні схеми, які здатні виконати більш складні розрахунки. У 2017 році в рамках APMP TCPR Workshop було подано результати KRISS щодо створення та вимірювань спектральної чутливості приймача з маленьким діаметром активної області (< 100 мкм). Були отримані результати вимірювань на рівні потужності менше 1 пВт та проведена кількісна оцінка невизначеності вимірювання ефективності детектування лічильника фотонів. Невизначеність вимірювань спектральної чутливості в діапазоні 250...1000 нм – $< 1\%$. Створення одnofотонних джерел та приймачів є ключовим етапом розвитку квантової радіометрії. Можна стверджувати, що в найближчі роки у зв'язку з удосконаленням технологій стане можливим більш широке застосування еталонних джерел та первинних приймачів для вирішення завдань метрологічного забезпечення радіометрії.

METHOD FOR DETERMINING QUALITY TRANSFER OF SCREENS COLOR

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ КОЛЬОРУ ЕКРАНІВ

Купко О. Д.
Харків, Україна

Keywords: color measurement, screen, spectrum, method, mathematical modeling.
Ключові слова: вимірювання кольору, екран, спектр, метод, математичне моделювання.

Анотація

Запропоновано чисельний метод оцінки якості передачі кольору зображення на основі рівноконтрастового графіка МКО 1976 і еліпсів Мак-Адама. Для оцінки якості зображення запропоновано використовувати рівноконтрастний колірний графік МКО 1960 (u, v). Концепція методу полягає в наступному: по координатах легко розрахувати площу трикутника, що визначається за цими координатами. Чим більша площа усередині трикутника з вершинами, відповідними координатам у системі 1976 МКО, тим більше можливостей вибраного набору джерел для якісної передачі кольору. Оскільки площа виражається числом, то і можливості вибраного набору джерел виражатимуться числом, що приводить до об'єктивної оцінки. В роботі оцінено, до чого приводить заміна RGB на інші довжини хвиль. За допомогою математичного моделювання проаналізовано можливості методу.

Функція розподілу площі еліпсів Мак-Адама по площі рівноконтрастового графіка може бути використана для корегування площ різних ділянок на цьому графіку. Для цього необхідно визначити функцію тривимірного розподілу площ еліпсів Мак-Адама на рівноконтрастовому графіку на кожній точці у площині (u,v) та надалі використовувати її обернену величину як вагову функцію під час розрахунків площі відповідної ділянки. Таку можливість слід ретельно дослідити, тому що функція розподілу площі еліпсів Мак-Адама, по перше, є двомірною; по друге, еліпси у кожній точці характеризуються не однією величиною (площею), а трьома величинами – двома осями та кутом нахилу, тобто ситуація набагато складніша та має значно більше варіантів рішення.

Після достатнього доопрацювання методу його буде запропоновано на розгляд до МКО. Якщо буде прийнято рішення, що створення кольорового простору на підвалинах досліджень мінімальних для людського ока різниць кольору є актуальним завданням, то слід очікувати відповідної публікації та її імплементації у подальшому. Зараз наявність аналітичних формул для перетворення колірних простору не є обов'язковою. Сучасні можливості дозволяють оперувати з функціями від трьох змінних (координат кольору) та отримувати одночасно декілька результатів, наприклад, відстань між точками у цьому просторі, площу доступної для відтворення кольору області для будь-якого рівня яскравості або об'єм ділянки у цьому просторі. Табулювання такої функції або функцій потребує значної кількості вимірювань параметрів еліпсів Мак-Адама (або еліпсоїдів) із різними координатами кольору, тобто значних експериментальних досліджень, та розробки зручного методу обчислення потрібних величин, тобто теоретичних досліджень.

DETERMINATION OF ANGLE SENSITIVITY INFLUENCE OF THE SOLAR ELEMENTS FOR THE PREDICTION OF PRODUCTIVITY OF SOLAR MODULES

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КУТОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ

Бондаренко Л. І., Терещенко В. В.
Харків, Україна

Keywords: solar cell, imitator, angle sensitivity, uncertainty, solar radiation.
Ключові слова: сонячна батарея, імітатор, кутова чутливість, невизначеність, сонячне випромінювання.

Анотація

Ефективність перетворення сонячної енергії фотоелектричними (ФЕ) пристроями є найбільш важливим параметром для прогнозування продуктивності сонячних модулів. Аналізуючи наукові публікації в галузі ФЕ досліджень, стає очевидним, що більшість досліджень проводяться при перпендикулярному падінні світла, тоді як багато процесів у сонячному елементі або модулі можуть сильно залежати від зміни кута падіння світла. Очевидно, що велику частину часу світло падає на поверхню модуля під кутом. Проте недостатньо досліджувати залежність щільності струму короткого замикання модуля від кута падіння світла. Відбиваючі та поглинаючі властивості матеріалів, використовуваних у модулях, змінюються зі зміною довжини хвилі світла, що падає, отже, необхідно враховувати куту і спектральні характеристики сонячних модулів одночасно.

Для калібрування (тестування) ФЕ зазвичай використовують сонячні імітатори. Міжнародний стандарт МЕК 61836 визначає стандартні умови випробувань, відповідно до яких повинне виконуватися калібрування: інтенсивність випромінювання $E = 1 \text{ кВт/м}^2$, спектр сонячної енергії AM 1,5G і температура пристрою 25 °C. Куту і характеристики ФЕ модулів визначаються експериментально через виміри струму короткого замикання при різних кутах повороту ФЕ пристрою. Важливою проблемою лабораторних калібрувань багатоперехідних сонячних елементів є вплив куту розподілу світла, що падає, оскільки внутрішня відбивна здатність і коефіцієнт пропускання різних шарів матеріалу в багатоконпонентних сонячних елементах залежать від кута падіння сонячного потоку.

Метою досліджень є оцінка залежності спектральної чутливості та струму короткого замикання від кута падіння випромінювання, формулювання вимог до еталонних сонячних елементів і процедури мінімізації невизначеності. Враховуючи, що щільність фотоструму залежить не лише від спектральної чутливості пристрою, але і від спектрального розподілу потоку випромінювання джерела світла, дослідження необхідно проводити з використанням колімованих джерел різного спектрального розподілу. Корекція спектрального розузгодження за рахунок оцінки куту залежності має бути включена до бюджету невизначеності. Крім того, врахування куту залежності спектральної чутливості ФЕ модулів підвищить надійність прогнозування їх продуктивності.

ПИТАННЯ ФОТОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Терещенко В. В., Колеснік О.
Харків, Україна

Keywords: Light Emitting Diodes (LEDs), risk assessment, health effects, spectrum, photobiological safety.

Ключові слова: світлодіоди, оцінка ризику, наслідки для здоров'я, спектр, фотобіологічна безпека.

Анотація

Створення та розповсюдження світлодіодних джерел світла є важливим завданням розвитку освітлювальних систем. Однак разом із цим з'являється необхідність проведення дослідження освітлювальних засобів на предмет фотобіологічної безпеки. Світло необхідне для візуальних (формування зображення) функцій візуальної системи, але також має вирішальне значення для регулювання багатьох не візуальних (що не утворюють зображення) функцій. Світло відповідає за синхронізацію циркадних циклів, на які впливає зовнішній світ. Добова ритмічність більше ніж просто психологічна, оскільки вона присутня в процесах терморегуляції, ендокринної та серцево-судинної систем, сну, пильності, імунної системи і когнітивних здібностей. Світло також викликає сильні зміни у продукуванні мелатоніну і секреції кортизолу, експресії генів і звуження зіниці.

На сьогодні питання дослідження світлодіодних джерел світла та контроль їх виробництва не підкріплено нормативними документами. Тому актуальною проблемою є розширення стандартів CIE S 009/E:2002/IEC 62471:2006 «Photobiological safety of lamps and lamp systems (bilingual edition)» на випромінювання LED у синій області спектру.

Розпочаті в ННЦ «Інститут метрології» дослідження дають можливість стандартизувати умови проведення вимірювань та розробити еталонні LED джерела світла для кожного з діапазонів УФ випромінювання і вирішити питання врахування спектрів світлодіодів і кількісного оцінювання впливу синьої складової спектру LED. Окрім стандартизації спектрів на світлодіодах пропонується одночасне використання вже добре досліджених джерел – ртутних ламп.

Використання цих двох підходів дасть можливість провести всебічне дослідження LED джерел світла, кількісної оцінки впливу синьої складової, розробити проект ДСТУ, сформулювати пропозиції та рекомендації до медичних установ. Крім того, це дасть можливість враховувати характерні спектри, які існують для бактерициду та еритеми, і розробити пропозиції до діючих стандартів.

МЕТОДИ ОЦІНКИ КОЛЬОРОПЕРЕДАЧІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Білик О. В., Назаренко Л. А.
Харків, Україна

Keywords: color rendering index, fidelity index, gamut index.

Ключові слова: індекс кольоропередачі, індекс точності, індекс насиченості.

Анотація

Індекс кольоропередачі CIE (CRI), визначений у CIE 13.3-1995, широко застосовується і використовується освітлювальною промисловістю, нормативними документами, стандартами і специфікаціями. Однак значення CRI недостатньо для оцінки сприйняття людиною кольору об'єкта, оскільки джерела світла з однаковими CRI візуально мають велику різницю кольору. З широким розповсюдженням твердотільних джерел освітлення розробка нових методів оцінки кольору стала актуальним завданням.

Північноамериканським світлотехнічним товариством було розроблено новий метод оцінки кольору IES TM-30-2015.

У доповіді подано результати порівняльного аналізу методів оцінки кольору, наведених у CIE 13.3-1995 і IES TM-30-2015.

Аналіз було виконано за такими характеристиками:

- колірний простір;
- стандартний колориметричний спостерігач;
- зразки кольору;
- насиченість зразків;
- колірна адаптація.

У результаті порівняльного аналізу встановлено, що нові методи дозволяють усунути недоліки й обмеження методу CIE CRI. При більш детальній специфікації джерела світла по кольоропередачі проектувальник має можливість оцінити його застосування для об'єктів із підвищеними вимогами за кольором (магазини, музеї, приміщення контролю якості тканини і т.д.).

БУТСТРЕП-ПРОЦЕДУРА КОНТРОЛЯ РОБАСТНОСТИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

Дегтярев А. В., Дубинин Н. Н., Маслов В. А., Мунтян К. И.
Харьков, Украина

Keywords: ellipsometry, photometric method, robustness, bootstrap control.

Ключевые слова: эллипсометрия, фотометрический метод, робастность, бутстреп-контроль.

Аннотация

Фотометрические методы эллипсометрических исследований многослойных структур обычно применяют в случае отсутствия подходящих двулучепреломляющих материалов для фазовых пластинок, например, в среднем и дальнем инфракрасных диапазонах. Традиционно (и вполне обоснованно) считается, что фотометрические методы, как правило, менее точны, чем компенсационные. Такая ситуация обусловлена повышенной чувствительностью фотометрических методов к целому ряду факторов, влияющих на результаты измерений. К таким факторам относятся нестабильность мощности источника излучения, флуктуации параметров окружающей среды и напряжения питания, нелинейность характеристик канала преобразования оптического излучения в электрический сигнал и т. п.

При исследовании окисных пленок на поверхности металлических зеркал лазеров терагерцевого диапазона для снижения неопределенности получаемых результатов мы использовали фотометрическую методику, учитывающую дополнительную информацию о пучке излучения, отраженном от исследуемой структуры. Последующая статобработка экспериментальных данных подтвердила повышение робастности примененного фотометрического метода, т. е. снижение чувствительности получаемых результатов к воздействию мешающих факторов.

Для оценки степени повышения робастности метода была использована одна из бутстреп-процедур, основанная на «размножении» исходной выборки экспериментальных данных. Исходная выборка из n элементов (обыкновенно включавшая от 30 до 100 экспериментальных точек) обрабатывалась по методу наименьших квадратов и вычислялись параметры поляризационного эллипса. Затем из исходной выборки исключался один элемент и полученная выборка из $n-1$ элемента обрабатывалась аналогичным образом. Далее из исходной выборки исключался какой-либо другой элемент и вновь обрабатывалась новая выборка из $n-1$ элемента. Описанная процедура обработки n похожих «размноженных» выборок позволила вычислить разброс измеряемых параметров поляризационных эллипсов и оценить устойчивость и достоверность полученных результатов.

СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯРКОСТИ, СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ И СИЛЫ ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН ОТ 0,2 ДО 3,0 МКМ

Длугунович В. А., Ждановский В. А., Никоненко С. В., Беляев Ю. В., Цикман И. М., Скумс Д. В., Тарасова О. Б.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: national standard, spectral radiance, spectral irradiance, calibration.

Ключевые слова: национальный эталон, спектральная плотность энергетической яркости, спектральная плотность энергетической освещенности, калибровка.

Аннотация

Представлена информация о принципе действия создаваемого национального эталона единиц спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) и силы излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 3,0 мкм. Планируется, что создаваемый эталон обеспечит в спектральном диапазоне от 0,2 до 2,5 мкм: воспроизведения единицы СПЭЯ в диапазоне от $1 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^{12}$ Вт·ср⁻¹·м⁻³ при относительной стандартной неопределенности воспроизведения СПЭЯ не более 0,7 %; воспроизведения единицы СПЭО в диапазоне от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт·м⁻³ при относительной стандартной неопределенности воспроизведения СПЭО не более 0,72 %. Основой эталона является модель высокотемпературного абсолютного черного тела ВВ3500М производства ВНИИОФИ (Россия). Создаваемый национальный эталон позволит обеспечить потребности Республики Беларусь в калибровке и поверке эталонов низшего разряда и средств измерений.

METROLOGICAL COMPLEX FOR CHECKING AND TRANSMISSION OF OPTOELECTRONIC EQUIPMENT, SENSITIVE TO THE INFERIOR RANGE

МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ І ГРАДУЮВАННЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ, ЧУТЛИВИХ В ІНФРАЧЕРВОМУ ДІАПАЗОНІ

Добровольський Ю. Г., Шабашкевич Б. Г.
Чернівці, Україна

Keywords: calibration, infrared radiation, energy illumination, nonlinearity, illuminator, radiometry.

Ключові слова: градуювання, інфрачервоне випромінення, енергетична освітленість, нелінійність, освітлювач, радіометрія.

Анотація

Існуюче метрологічне обладнання для калібрування, атестації та перевірки засобів виміральної техніки (ЗВТ), яке використовується у метрологічних центрах та на підприємствах виробників, не повною мірою забезпечує зростаючі вимоги ринку щодо метрологічного забезпечення вимірювань енергетичної освітленості, створеної оптичним випроміненням у інфрачервоному діапазоні спектра.

Для вирішення зазначених задач у НВФ «Тензор» розроблено новітнє метрологічне обладнання. Зокрема, комплекс для перевірки і градуювання радіометрів у спектральному діапазоні від 0,2 до 25 мкм [Інтернет-ресурс. Режим доступу: <http://tenzor.ua/products/metrologicheskoe-obespechenie-razrabotki-i-proizvodstva-npf-tenzor/metrologicheskoe-obespechenie-dlya-issledovaniya-parametrov-infrakrasnogo-izlucheniya>.], до складу якого входять:

1) Світлозахисна камера ІДНМ4.027.00.00 для засобів виміральної техніки з фотометричною лавою з набором діафрагм, фоконів, світлофільтрів, юстувальних столиків та рейтерів.

2) Блок освітлювача ІЧ-опромінення ІДНМ4.028.00.00 (з юстувальним столиком), призначений для перевірки робочих засобів вимірювання енергетичної освітленості. Діапазон формування енергетичної освітленості – від 10 до 200 Вт · м⁻². Спектральний діапазон випромінення – 0,68–24 мкм.

3) Установка для вимірювання енергетичних характеристик приймачів та електронно-оптичних приладів, чутливих в ІЧ-діапазоні спектра ІДНМ4.004.00.00-01, яка призначена для контролю параметрів приймачів та електронно-оптичних приладів, чутливих в ІЧ-діапазоні спектра оптичного випромінення.

Комплекс забезпечує такі метрологічні характеристики:

1. Діапазон вимірювання енергетичної освітленості від 10 до 20000 Вт/м².

2. Спектральний діапазон від 0,2 до 25 мкм.

3. Основна відносна похибка комплексу визначається робочим еталоном – порожнинним приймачем типу ПП-1 або ПП-2 і не перевищує ±1,5 %.

За необхідності комплекс додатково комплектується головою радіометричною (із сертифікатом калібрування), блоком живлення типу Д30-20-01А, амперметром типу М2018, вольтметром типу Щ300.

MEASURING REFRACTIVE INDEX OF POROUS MATERIALS IN THE TERAHERTZ AND MICROWAVE RANGES

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕРАГЕРЦЕВОМ И СВЧ-ДИАПАЗОНАХ

Белоус Р. И., Вовнюк М. В., Дахов Н. Ф., Дегтярев А. В., Дзюбенко М. И., Радионов В. П., Скуратовский И. Г., Хазов О. И., Шахова А. С.
Харьков, Украина

Keywords: terahertz range, refractive index, laser.

Ключевые слова: терагерцевый диапазон, показатель преломления, лазер.

Аннотация

В работе представлены результаты измерений показателя преломления ряда образцов пористых материалов в ТГц и СВЧ диапазонах. В ТГц диапазоне измерения проводились резонансным методом на частоте 890 ГГц с использованием газоразрядного субмиллиметрового лазера с длиной волны 337 мкм. Показатель преломления определялся по изменению оптической длины резонатора при внесении в него исследуемого материала. В СВЧ диапазоне измерялась диэлектрическая проницаемость материалов. Измерения производились двумя методами на частотах 10÷12 ГГц. Применялся цилиндрический волноводно-диэлектрический резонатор на запредельном волноводе. В одном методе исследуемый материал использовался как диэлектрический элемент резонатора, в другом – диэлектрический элемент был из фторопласта, а исследуемый материал заполнял запредельные участки волновода.

Результаты измерений могут использоваться при разработке различных устройств ТГц и СВЧ диапазонов, в частности при проектировке обтекателей антенн, диэлектрических волноводов, квазиоптических элементов и пр.

АРХІТЕКТУРНИЙ ОСВІТЛЮВАЛЬНИЙ ДИЗАЙН

Кононенко Г. Ю., Назаренко Л. А.
Харків, Україна

Keywords: color rendering, mesopic photometry, lighting, design.
Ключові слова: передача кольору, мезопічна фотометрія, освітлення, дизайн.

Анотація

Життя сучасного міста неможливо уявити без естетики зовнішнього освітлення. При цьому завжди існує інтерес до нових можливостей удосконалення і нових, формованих освітленням стандартів оточуючого середовища. Ці можливості, стандарти й очікування невпинно зростають у зв'язку з прогресом у галузі світлотехніки. Широке впровадження світлодіодного освітлення спричинило розвиток впровадження світлодіодних джерел світла в архітектурному освітленні. І якщо в загальному світлодіодному освітленні на перший план виходила енергоефективність, то для світлового дизайну більш важливим фактором є колірні можливості, які можуть дати нові джерела світла.

Доповідь присвячено новим результатам світлодіодного освітлення, які суттєво впливають на рівень архітектурного освітлення. Це пов'язано із введенням мезопічної системи фотометрії відповідно до Рекомендації МКО 191:2010 «Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance, Vienna», а також введенням нової метрики колірного передавання – індекс гамма-площини (gamut area index). Це привело до того, що при відборі освітлювальних джерел поряд із необхідністю розгляду кривої сили світла, яка забезпечує бажане візуальне сприйняття, важливим стає спектр випромінення, який впливає на колірну симфонію світла і спричиняє яскраве візуальне відчуття з необхідним колірним розрізненням.

ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОТЕХНІЧНИХ УСТАНОВОК

Ляшенко О. М.
Харків, Україна

Keywords: illuminance, methods of determining the illumination, authenticity, lighting simulation, Design Software.
Ключові слова: освітленість, методи розрахунку освітленості, достовірність, моделювання освітлення, комп'ютерні програми для проектування.

Анотація

Прискорення впровадження енергоефективних технологій для сталого розвитку світлотехнічних систем у рамках реалізації державної програми з енергоефективності неможливе без застосування сучасних комп'ютерних програм, що дозволяють забезпечити швидкість і гнучкість розробки та розрахунку їх параметрів для створення комфортного світло-колірного середовища відповідно до діючих галузевих норм та сучасних тенденцій проектування із використанням сучасного світлотехнічного обладнання. Основним критерієм вибору світлотехнічних програм є достовірність розрахункових значень, яка виражається співпаданням освітленості в контрольних точках, отриманих при вимірюваннях цифровим люксметром і в результаті комп'ютерного розрахунку. В даному випадку важливо, з яким ступенем достовірності програма розраховує розподіл освітленості у сцені.

Для досягнення підвищення достовірності результатів комп'ютерного моделювання освітлювальних установок було вирішено такі завдання. На основі аналізу існуючих розрахункових методів виявлено причини недостовірності їх результатів порівняно з виміряними і встановлено значення похибок визначення кількісних параметрів освітлювальних систем. Введено узагальнений коефіцієнт максимальної похибки, при урахуванні якого забезпечується співпадання результатів моделювання з дослідними значеннями, отриманими при вимірюванні освітленості в контрольних точках приміщення цифровим люксметром. Запропоноване розширення похибки визначення кількісних параметрів світлового середовища забезпечує підвищення достовірності результатів, отриманих за допомогою світлотехнічних комп'ютерних програм, що, у свою чергу, обумовлює їх ефективне застосування і скорочення терміну реконструкції застарілих систем освітлення.

IMPLEMENTATION IN UKRAINE OF THE STANDARDS ON METHODS OF THE TESTS SVETLOTECHNICAL PRODUCT

ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ СТАНДАРТІВ НА МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ СВІЛЛОТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Кожушко Г. М., Шпак С. В.
Полтава, Україна

Keywords: measurement, light emitting diode (LED), lighting products, standard.
Ключові слова: вимірювання, світловипромінюючий діод (СВД), світлотехнічна продукція, стандарт.

Анотація

Наведено інформацію щодо розроблених національних стандартів на методи вимірювання споживчих параметрів та безпеки світлотехнічної продукції, а також вимог до вимірювальних приладів та умов проведення випробувань. На сьогоднішній день в Україні Технічним комітетом зі стандартизації ТК 137 «Лампи і відповідне обладнання» розроблено більш ніж 80 % стандартів на основні методи вимірювань та випробувань, гармонізованих з міжнародними (IEC), європейськими (EN) та рекомендаціями Міжнародної комісії з освітлення (CIE), а саме:

- ДСТУ ISO 23539 (ISO 23539:2005, IDT). Фотометрія. Система фізичної фотометрії за МКО;
- ДСТУ CIE 18.2 (CIE 18.2:1983, IDT). Основи фізичної фотометрії;
- ДСТУ CIE 043 (CIE 043:1979, IDT). Фотометрія прожекторів;
- ДСТУ CIE 13.3 (CIE 13.3:1995, IDT). Метод вимірювання та визначення кольоропередавання джерел світла;
- ДСТУ CIE 15 (CIE 15:2004, IDT). Колориметрія;
- ДСТУ CIE 63 (CIE 63:1984, IDT). Спектрорадіометричні вимірювання джерел світла;
- ДСТУ CIE 84 (CIE 84:1989, IDT). Вимірювання світлового потоку;
- ДСТУ CIE 070 (CIE 070:1987, IDT). Вимірювання розподілу сили світла в абсолютних одиницях;
- ДСТУ CIE 097 (CIE 097:2005, IDT). Настанова щодо технічного обслуговування систем внутрішнього електричного освітлення;
- ДСТУ CIE 154 (CIE 154:2003, IDT). Технічне обслуговування систем зовнішнього освітлення;
- ДСТУ CIE 127 (CIE 127:2007, IDT). Вимірювання світлодіодів (LEDs);
- ДСТУ CIE 149 (CIE 149:2002, IDT). Використання вольфрамових ламп розжарювання в якості вторинних еталонів;
- ДСТУ EN 13032-1:201_ (EN 13032-1:2004+A1:2012, IDT). Світло та освітлення. Вимірювання та представлення фотометричних даних ламп та світильників. Частина 1. Вимірювання та формат даних;

- ДСТУ EN 13032-2:201_ (EN 13032-2:2004, EN 13032-2:2004/AC:2007, IDT). Світло та освітлення. Вимірювання та представлення фотометричних даних ламп та світильників. Частина 2. Представлення даних щодо внутрішніх та зовнішніх робочих місць;
- ДСТУ EN 62442-1:201_ (EN 62442-1:2011, EN 62442-1:2011/AC:2012, IDT). Енергоефективність пускорегулюючих пристроїв для ламп. Частина 1. Пускорегулюючі пристрої для люмінесцентних ламп. Методика вимірювання для визначення загальної споживаної потужності ланцюгів пускорегулюючих пристроїв і енергоефективність пускорегулюючих пристроїв;
- ДСТУ EN 62442-2:201_ (EN 62442-2:2014, IDT). Енергоефективність пускорегулюючих пристроїв для ламп. Частина 2. Пускорегулюючі пристрої для розрядних високоінтенсивних ламп (крім люмінесцентних ламп). Методика вимірювання для знаходження значень коефіцієнту корисної дії;
- ДСТУ EN 62442-3:201_ (EN 62442-3:2014, IDT). Енергоефективність пускорегулюючих пристроїв для ламп. Частина 3. Пускорегулюючі пристрої для галогенних ламп та світлодіодних модулів. Методика вимірювання для знаходження значень коефіцієнту корисної дії;
- ДСТУ EN 61547:201_ (EN 61547:2011, IDT). Електромагнітна сумісність. Обладнання для загального освітлення. Вимоги до завадостійкості, тощо. Проведено аналіз нормативних документів, які регламентують методи випробувань світлодіодної продукції та розглянуто проблеми застосування нових національних стандартів.

СЕКЦІЯ 7. ТЕРМОМЕТРИЯ

THE PROCEDURE FOR MEASUREMENT OF THE HUMAN TEMPERATURE FIELD DYNAMICS

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Кипоренко П. В., Гордиенко Э. Ю., Фоменко Ю. В., Шустакова Г. В.
Харьков, Украина

Keywords: temperature measurement, thermal imaging, medicine.
Ключевые слова: измерения температуры, термография, медицина.

Аннотация

Отсутствие установленного стандарта дистанционного измерения динамики температурных полей на поверхности кожи человека и дальнейшей количественной обработки полученных данных является одной из серьезных причин, ограничивающих использование уникального неинвазивного тепловизионного метода в клинической медицине.

Мы предлагаем оригинальную тепловизионную методику измерения и количественной обработки данных температурных полей, полученных при термографировании кожного покрова группы онкологических пациентов на протяжении курса лучевой терапии (ЛТ). Методика предназначена для количественного контроля текущего уровня побочных реакций пациента на облучение, а также для раннего прогнозирования индивидуальной переносимости пациентом облучения. Учитывая особенности терморегуляции человека, для количественных оценок интенсивности излучения кожи применялась индивидуальная для каждого пациента относительная шкала температур, где опорной выбиралась температура определенного участка кожи, а базовым являлось температурное поле каждого пациента до начала курса ЛТ. Точность измерений относительной температуры определялась температурной чувствительностью используемого тепловизора $\delta T \approx \pm 0,07$ °C. Полученные коэффициенты корреляции $R = (0,76 \div 0,81)$ между тепловыми параметрами и клиническими показателями, а также полученный показатель «хорошее качество» ($AUC=0,79$) метода прогнозирования свидетельствуют о возможности использования данной методики для количественного контроля и прогнозирования уровня побочных реакций пациентов при ЛТ.

MEANS AND TECHNIQUES OF SURFACE THERMORADIATION CHARACTERISTICS MEASUREMENT

ЗАСОБИ ТА МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕРМОРАДІАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХОНЬ

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

Keywords: thermoradiation characteristics, calorimetric methods of measurement, solar absorption coefficient, emission factor.

Ключові слова: терморадіаційні характеристики, калориметричні методи вимірювання, коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання, коефіцієнт емісії.

Анотація

Коефіцієнт емісії покриття чи матеріалу значною мірою визначає інтенсивність радіаційного теплообміну поверхні об'єкта, тому його експериментальне визначення важливе для забезпечення необхідних теплозахисних характеристик конструкцій. При створенні сучасних енергоефективних вікон та склопакетів застосовують низькоемісійне скло, яке забезпечує зменшення радіаційної складової теплообміну і, відповідно, збільшення опору теплопередаванню у порівнянні зі звичайними світлопрозорими конструкціями. Для космічних апаратів, навпаки, оболонка повинна сприяти розсіюванню у просторі теплоти від бортової апаратури, тобто коефіцієнт емісії поверхні апарата повинен бути наближеним до одиниці для інфрачервоного випромінювання, але мати низький коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання. При впровадженні технології виготовлення енергоефективного скла та матеріалів оболонки для космічних апаратів, а також для визначення характеристик поверхонь при застосуванні готових виробів актуальним є проведення контролю терморадіаційних характеристик.

Запропоновано застосовувати калориметричні методи вимірювання терморадіаційних характеристик та розроблені відповідні робочі засоби вимірювань. Установка для визначення коефіцієнта емісії складається з випромінювача, який є моделлю абсолютно чорного тіла, та термостатованого теплостоку, на поверхню якого встановлюють плоскі перетворювачі теплового потоку зі зразками, на які нанесені досліджувані та еталонні покриття. Коефіцієнт емісії досліджуваного покриття визначається методом компарування за вимірними значеннями густини теплового потоку крізь еталонний та досліджуваний зразки. Запропонована методика вимірювання та розрахункові формули враховують теплопередавання крізь повітря, що дозволяє проводити дослідження без вакуумування об'єму робочої камери.

Установка для визначення коефіцієнта поглинання сонячного випромінювання побудована на базі плоских перетворювачів теплового потоку та абсолютного порожнинного радіометра РАП-12СР. Як випромінювач застосовують або Сонце, або імітатор сонячного випромінювання, який забезпечує необхідний спектр та рівномірне опромінення у зоні встановлення перетворювачів зі зразками. Вимірювання можливі як методом компарування, так і абсолютним методом. Проведено дослідження зразків різних покриттів.

METHOD OF DYNAMIC FILTRATION OF SURFACE ARTIFACTS IN THERMOGRAPHY PROBLEMS

МЕТОД ДИНАМІЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВИХ АРТЕФАКТІВ У ЗАДАЧАХ ТЕРМОГРАФІЇ

Мельник С. І., Мельник С. С., Тулузов І. Г.
Харків, Україна

Keywords: thermography, filtration of artifacts, local heating.

Ключові слова: термографія, фільтрація артефактів, локальний нагрів.

Анотація

Основні похибки у термографічних вимірюваннях та задачах теплового контролю виникають за рахунок неоднорідності коефіцієнта “чорноти” поверхні об’єкта, що досліджується. Одним із методів компенсації цих похибок є метод додаткових вимірювань теплового випромінювання від об’єкта зі сталюю та відомою априорно температурою. При цьому забезпечення сталості температури та її однаковості по всій поверхні об’єкта, що досліджується, пов’язано із великими технічними труднощами.

Як альтернативу цього методу запропоновано метод динамічної фільтрації вказаних артефактів. Він ґрунтується на динамічному нагріві поверхні об’єкта локальним випромінювачем (тепловим лазером).

За рахунок переміщення об’єкта в полі зору тепловізора та випромінювача, а також інерційності процесу розсіювання тепла в об’єкті, на термограмі виникає характерна теплова “пляма”. Її форма залежить від теплофізичних параметрів поверхні об’єкта, швидкості його руху та просторових параметрів розподілення потужності локального нагріву.

Якщо на поверхні об’єкта виникає артефакт (зона неоднорідності коефіцієнта “чорноти”), на термограмах ця зона буде рухатись із відомою швидкістю на фоні сталої теплової “плями”.

Як відомо, рухомі об’єкти на фоні нерухомих можна виявити набагато точніше (ефект зору жаби). Це пов’язано із тим, що усереднення шумів на їх зображенні при динамічному режимі фільтрації проводиться не тільки за часом, але й за просторовими координатами. Тобто усереднюються не тільки внутрішні шуми, а й неоднорідність параметрів пікселів матриці тепловізора. Окрім цього, при переході до координато-швидкісного фазового простору замість звичайного координато-часового, теплові зображення області зображень рухомих та нерухомих підсистем розрізняються набагато краще.

Розроблено комп’ютерну програму, що автоматично виявляє артефакти у термофільні та компенсує їх у повторних вимірюваннях. Теоретичні висновки підтверджуються результатами як тестових експериментів на комп’ютерній моделі, так і в реальних експериментах із тепловізором “Seek Thermal”.

CHARACTERISATION OF THE SMALL CHAMBER FOR USAGE OF HUMIDITY CALIBRATION AND INVESTIGATION OF THE SELECTED SENSORS

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕВЕЛИКОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГОСТІ КАЛІБРУВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБРАНИХ ДАВАЧІВ

Kolaveri I. (Spahiu)¹, Rudolfová M.², Hrušková T.², Strnad R.²

¹Tirane, Albania

²Prague, Czech Republic

Keywords: small chamber, humidity calibration, selected sensors.

Ключові слова: невелика камера, калібрування вологості, вибрані давачі.

Abstract

The research included Characterisation and testing of the small humidity chamber, before and after new design, for usage of humidity calibration, as well as to investigate the behaviour of the different selected humidity sensors type. The small humidity chamber have been researched and analysed at different conditions, like different pressure, different sensors, different positions, different flow rate and different design. In collaboration with CMI are done some proposal for the upgrade of the chamber and the final new design. The results are of great interest to chamber users as they describe its properties during use and are also needed to determine uncertainty of measurements, if it will use for calibration.

PROVIDING UNITY OF MEASUREMENTS IN THE FIELD OF INFRARED MEASUREMENTS FOR NON-CONTACT THERMOMETRY

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ

Пушкарев В. Г.
Харьков, Украина

Keywords: temperature, non-contact, measurement.

Ключевые слова: температура, бесконтактное измерение.

Аннотация

В докладе представлена информация по приборам бесконтактного измерения температуры объектов в различных областях науки и техники. Представлены модели пирометров для пищевой, металлургической промышленности, энергетики, строительства, а также для проведения обследования объектов и помещений на предмет утечек тепла.

Освещены вопросы производства пирометров собственного производства на ООО НПФ «Харьков-Прибор» и характеристики калибровочной лаборатории ООО СЦ «Харьков-Прибор», в которой проводятся калибровка и поверка пирометров и тепловизоров.

METROLOGICAL PROVISION OF TEMPERATURE MEASUREMENTS OF MEASUREMENT SYSTEMS IN WORKING CONDITIONS OF OPERATION

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИМІРЮВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ У РОБОЧИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Сулима О. С.
Львів, Україна

Keywords: measuring channel, metrological support, measuring system, nominal static characteristic of the transformation.

Ключові слова: вимірювальний канал, метрологічне забезпечення, вимірювальна система, номінальна статична характеристика перетворення.

Анотация

Развиток вимірювальної техніки, зокрема вимірювальних систем (ВС), і автоматизація технологічних процесів приводять до необхідності вимірювання таких параметрів технологічних процесів, як температура в робочих умовах, тобто без демонтажу первинних перетворювачів і зупинки технологічного процесу в дуже широкому діапазоні та з високою точністю. Вибір методу і засобів вимірювання залежить від ряду факторів: значення вимірюваної величини, необхідної точності вимірювання, умов вимірювань та експлуатації досліджуваного об'єкта.

Актуальність проблеми полягає в тому, що у промисловій метрології експлуатується низка вимірювальних систем температури, первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) котрих розташовані таким чином, що їх демонтаж неможливий через специфіку технологічного процесу (наприклад, контроль температури скраплених газів під високим тиском), або він небезпечний для життя операторів (наприклад, контроль температури у тепловиділяючих елементах (твелах) атомних електростанцій). Тому фактично такі вимірювальні системи через специфіку їх застосування метрологічно не забезпечені в періоди між капітальними ремонтами об'єктів контролю, що порушує єдність вимірювань у багатьох сферах енергозабезпечення чи обліку енергоресурсів, що може бути причиною аварії. Згадані вимірювальні системи (ВС) підлягають державному нагляду та метрологічному контролю (МК).

Корегування похибок вимірювання температури вищезазначеними методами дозволить:

- проводити вимірювання температури технологічних процесів ВС та АСК ТП без демонтажу даних систем з об'єктів контролю, що забезпечить безперебійну роботу об'єктів контролю і дозволить не зупиняти процес виробництва на момент проведення повірки;
- покращити дані методи аналізу і корегування похибок вимірювання температури, що дасть можливість одержати трансформовані з відомою точністю контрольовані точки із діапазону вимірювання температури вимірювального каналу ВІС або АСК ТП;
- підвищити точність вимірювання температури із застосуванням методу заміщення опорів чутливих елементів конкретних типів термоперетворювачів багатозначною еталонною мірою опору;
- отримати можливість проведення повірки термоелектричних перетворювачів із використанням еталонного калібратора із заміною термоелектричних перетворювачів у робочому середовищі під час їх експлуатації без їх демонтажу.

COMPARISON REVIEW OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF STANDARD PLATINUM RESISTANCE THERMOMETERS

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ ЭТАЛОННЫХ

Иванова Е. П., Гаркуша В. В., Филь С. В.
Украина, Харьков

Keywords: standard platinum resistance thermometer, fixed point, metrological characteristics.

Ключевые слова: термометр сопротивления платиновый эталонный, реперная точка, метрологические характеристики.

Аннотация

Исследования проведены с двумя типами термометров сопротивления: эталонным платиновым термометром типа ПТС-25 № 7-97 (ВНИИМ, РФ) и стандартным платиновым термометром SPRT 670SQ/25.5 № 372 (ф. Isotech, England). Выполнено по три реализации температурного плато реперных точек: тройной точки воды, точки плавления галлия, точек затвердевания олова и цинка. Рассмотрены вопросы, связанные с воспроизводимостью показаний термометров в реперных точках. Воспроизводимость термометров оценивалась как стандартное отклонение результата измерения относительного сопротивления термометров (W) в реперных точках по трем реализациям.

По полученным экспериментальным данным были рассчитаны относительные сопротивления термометров (W), найдено их отклонение от значений опорной функции МТШ-90 (W_T) в тех же реперных точках; определены составляющие стандартной неопределенности измерений, рассчитан бюджет неопределенности для термометров в каждой реперной точке. Проведен анализ метрологических характеристик термометров и сделаны выводы о возможных путях повышения точности измерений температуры термометрами сопротивления платиновыми эталонного назначения.

СЕКЦІЯ 8. ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

METROLOGICAL SUPPORT FOR MEASUREMENTS OF IONIZING RADIATION PARAMETERS

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Лазаренко С. Л.¹, Яцишин С. П.²
Біла Церква¹, Львів², Україна

Keywords: metrological support, ionizing radiation.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, іонізуюче випромінення.

Анотація

Прагнути бути повноправним членом світового товариства, Уряд України визначив пріоритетним напрямком інтеграцію держави до Європейського Союзу. Взаємне визнання результатів випробування, калібрування еталонів, устаткування, засобів вимірювальної техніки та різноманітної продукції на міжнародному рівні є одним із основних чинників для усунення всіх бар'єрів у науковому, економічному, торговельному співробітництві. Для реалізації Програми інтеграції України в Європейський Союз (далі – Програма) необхідна гармонізація українських і міжнародних стандартів, у тому числі й у сфері метрологічного забезпечення вимірювання характеристик іонізуючого випромінення.

Але у випадку з метрологічним забезпеченням засобів вимірювальної техніки іонізуючих випромінень (далі – ЗВТ ІВ) це завдання ускладнюється через те, що європейські та міжнародні нормативні документи (НД) не враховують того різноманіття еталонів або засобів вимірювальної техніки, які застосовуються в Україні. Наразі всі вимоги неможливо застосувати до національних НД та еталонів, тим самим спростити вирішення завдання повної гармонізації з чинним європейським та міжнародним законодавством. Сьогодні в Україні у галузі іонізуючих випромінень відчувається певний інформаційний голод, зумовлений відсутністю публікацій у вітчизняних виданнях. Закордонна періодика та Інтернет не завжди доступні широкому колу споживачів. Тому за матеріалами, переважно російських публікацій, можливо на рівні рядового метролога розібратися у нових вимогах до характеристик іонізуючих величин, коротко поділитись думками щодо стану метрологічного забезпечення засобів вимірювальної техніки ІВ.

Також гостро стоїть питання щодо точності еталонів, якими забезпечені наші повірочні лабораторії, умов та методів створення стандартного випромінення для повірки чи калібрування ЗВТ. (Більшість еталонів не відповідають вимогам міжнародних стандартів.) Для реалізації програми щодо метрологічного забезпечення ЗВТ ІВ необхідним є: проведення аналізу вітчизняних НД; вивчення зарубіжного досвіду; розробки нових методик випробування та повірки; підвищення точності, заміна або модернізація (вдосконалення) еталонів тощо.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ

Берестов Р. В.¹, Гоц Н. Є.²
Біла Церква¹, Львів², Україна

Keywords: measurement, individual dosimetric control.

Ключові слова: вимірювання, індивідуальний дозиметричний контроль.

Анотація

Промисловість України широко використовує радіоактивні речовини та пристрої, які містять радіоактивні речовини чи здійснюють іонізуюче випромінювання, у виробничій, медичній та науковій сферах. Це є споживча продукція, генератори та джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ), підприємства з видобутку та перероблення радіоактивної руди, обладнання атомних електростанцій, технологічні лінії перероблення радіоактивних відходів. При поводженні з ДІВ обслуговуючий персонал підпадає під вплив зовнішнього іонізуючого опромінення через органи дихання та шкіру, спецодяг та робочі поверхні. Дія значних доз радіаційного випромінювання може призвести до негативного впливу на здоров'я персоналу. Ймовірність опромінення існує при будь-яких дозах іонізуючого випромінювання та із накопиченням дози зростає. Тому важливими є вимірювання та аналізування вимірювальної інформації про іонізуюче випромінювання, а саме результатів індивідуального дозиметричного контролю (ІДК) персоналу. ІДК дозволяє оцінити сумарну ефективну або еквівалентну дози зовнішнього іонізуючого опромінення протягом року, а також очікувану ефективну дозу внутрішнього опромінення, сформовану впливом радіонуклідів протягом 1 року.

В Україні реалізується Концепція створення та функціонування Національного дозового реєстру. Її метою є створення системи ІДК та обліку індивідуальних доз опромінення населення України і наповнення її достовірними й точними даними про дози опромінення, а також персональними даними, необхідними для ідентифікації осіб та умов, за яких відбувалося опромінення (умови праці, стаж роботи, місце проживання, медичні процедури тощо). Ця концепція базується на впровадженні єдиного методичного підходу до вимірювання, аналізування та оцінювання індивідуальних доз професійного опромінення; забезпеченні якості вимірювань, що дозволить покращити рівень радіаційного захисту об'єктів використання ядерної енергії та поліпшити умови праці персоналу; забезпеченні достовірних результатів ІДК шляхом розвитку технічних можливостей та компетентності вимірювальних лабораторій. Реалізація цих положень потребує вдосконалення метрологічного забезпечення ІДК, а саме вирішення таких завдань: уніфікації методик індивідуального дозиметричного моніторингу; розроблення нових методів та засобів ІДК; розвитку та підтримки загальної інформаційної бази або реєстру щодо реєстрації, зберігання та доступу до даних індивідуального дозиметричного моніторингу; навчання та сертифікації персоналу, який залучений до системи ІДК та моніторингу.

ПРЕЦИЗИОННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТОВОГО ВЫХОДА СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Гринев Б. В., Гурджян Н. Р., Зеленская О. В., Любинский В. Р., Мицай Л. И., Молчанова Н. И., Тарасов В. А.
Харьков, Украина

Keywords: scintillator, technical light output, precision, repeatability, intra-laboratory reproducibility, limits of random error.

Ключевые слова: сцинтиллятор, технический световой выход, прецизионность, повторяемость, внутрилабораторная воспроизводимость, границы случайной погрешности.

Аннотация

Проведено сравнение оценок прецизионности измерения светового выхода и границ случайной погрешности измерения для различных сцинтилляторов, выпускаемых ИСМА НАНУ.

Сравнение оценок относительных величин прецизионности $S_r(C_{ph})$ измерения светового выхода C_{ph} и границ случайной погрешности $\varepsilon(C_{ph})$ проводилось на примере определения технического светового выхода C_{ph} , в фотонах/МэВ, для сцинтилляторов NaI(Tl), CsI(Tl), CWO, BGO, *n*-терфенила, антрацена, стильбена и пластмассового сцинтиллятора (PS) для 3-х серий измерений в условиях внутрилабораторной воспроизводимости. Количество измерений *n* в условиях повторяемости составляло 3 для первой серии, 6 – для второй и 9 – для третьей.

Полученные оценки прецизионности измерений для сцинтилляторов со световым выходом в диапазоне от 2800 до 35500 фотонов/МэВ находятся в интервале от 2,19 до 0,217 %, границ случайной погрешности измерений – в интервале от 2,54 до 0,217 %. На основании полученных результатов сделан вывод о влиянии количества измерений *n* на соотношение между $S_r(C_{ph})$ и $\varepsilon(C_{ph})$: $n=3$, $\varepsilon(C_{ph})/S_r(C_{ph})\approx 2,5$; $n=6$, $\varepsilon(C_{ph})/S_r(C_{ph})\approx 1$; $n=9$, $\varepsilon(C_{ph})/S_r(C_{ph})\approx 0,77$.

**SCIENTIFIC-PRODUCTION ENTERPRISE «ATOMKOMPLEKSPRIBOR»
IS A MANUFACTURER OF MEASURING INSTRUMENTS IN THE FIELD
OF IONIZING RADIATION**

**НПП «АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР» – ПРОИЗВОДИТЕЛЬ СИТ В
ОБЛАСТИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Казимиров А. С., Гришин С. Н.
Киев, Украина

Keywords: measuring instruments, radiation monitoring, ionizing radiation spectrometer, measurement implementation techniques.

Ключевые слова: СИТ, радиационный мониторинг, спектрометризирующих излучений, МВИ (методика выполнения измерений).

Аннотация

НПП «АтомКомплексПрибор» больше четверти века является производителем приборов радиационного контроля и мониторинга. Номенклатура приборов в основном состоит из спектрометров альфа-бета- и гамма- ионизирующих излучений. Выпускаемые СИТ, в сочетании с уникальным программным обеспечением и МВИ, используются в различных сферах и позволяют качественно проводить радиационный контроль. Особое место занимают СИТ для АЭС, которые включены АСРК станций и эксплуатируются более 15 лет. НПП «АКП» идет в ногу со временем, постоянно модернизируя и совершенствуя свою продукцию.

**NORMALIZATION AND CONTROL OF GAS-AEROSOL EMISSIONS AT
THE NUCLEAR POWER PLANT**

**НОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ
НА АЭС**

Коваленко Г. Д., Летучий А. Н., Пустовой А. С.
Харьков, Украина

Keywords: gas-aerosol emissions, normalization, control, reliability of measurements.
Ключевые слова: газоаэрозольные выбросы, нормирование, контроль, достоверность измерений.

Аннотация

Проведен анализ нормативных документов, регламентирующих радиационную безопасность эксплуатируемых атомных электростанций (АЭС).

Основополагающим принципом для АЭС на всех этапах жизненного цикла является принцип ограничения рисков на допустимом уровне в отношении физических лиц – принцип не превышения.

В силу такого подхода основной задачей систем радиационного контроля выбросов АЭС является подтверждение не превышения активности реальных выбросов установленным допустимым выбросам, т.е. выполнение принципа не превышения.

Реальные значения радиоактивности выбросов АЭС, работающих в нормальном режиме, существенно меньше установленных допустимых выбросов.

Степень различия этих значений характеризуется индексом выброса – отношением реального значения выброса к допустимому выбросу. Индекс выбросов для всех АЭС Украины не превышает десятых долей процента.

Выполнен сравнительный анализ метрологических характеристик измерительных каналов систем контроля газоаэрозольных выбросов и активности реальных выбросов. Показано, что реальные значения активности выбросов находятся значительно ниже минимально детектируемой активности измерительных каналов систем контроля выбросов.

Для обеспечения достоверного измерения радиоактивности выбросов необходимо кардинально изменить подход к системам контроля выбросов – наряду с задачей мониторинга выполнения принципа не превышения предусматривать функцию достоверного измерения активности реальных выбросов нормально работающих АЭС.

**СЕМІНАР.
НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ: НАУКОВІ, ПРИКЛАДНІ,
НОРМАТИВНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ (UM–2018)**

**APPROXIMATE BAYESIAN EVALUATIONS OF MEASUREMENT
UNCERTAINTY**

**ПРИБЛИЖЕННЫЕ БАЙЕСОВСКИЕ ОЦЕНКИ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Bodnar O., Possolo A.
Västerås, Sweden

Keywords: Laplace approximation, measurement uncertainty, Bayes rule, Gauss's formula, ANOVA, random effects, Markov Chain Monte Carlo, homogeneity, cryptosporidiosis, manometer, reference material, between-bottle, within-bottle, Zener voltage standard.

Abstract

The Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM) includes formulas that produce an estimate of a scalar output quantity that is a function of several input quantities, and an approximate evaluation of the associated standard uncertainty. This contribution presents approximate, Bayesian counterparts of those formulas for the case where the output quantity is a parameter of the joint probability distribution of the input quantities, also taking into account any information about the value of the output quantity available prior to measurement expressed in the form of a probability distribution on the set of possible values for the measurand.

The approximate Bayesian estimates and uncertainty evaluations that we present have a long history and illustrious pedigree, and provide sufficiently accurate approximations in many applications, yet are very easy to implement in practice. Differently from exact Bayesian estimates, which involve either (analytical or numerical) integrations, or Markov Chain Monte Carlo sampling, the approximations that we describe involve only numerical optimization and simple algebra. Therefore, they make Bayesian methods widely accessible to metrologists.

We illustrate the application of the proposed techniques in several instances of measurement: isotopic ratio of silver in a commercial silver nitrate; odds of cryptosporidiosis in AIDS patients; height of a manometer column; mass fraction of chromium in a reference material; and potential-difference in a Zener voltage standard.

**ESTIMATION OF UNCERTAINTY MEASUREMENT OF PARAMETERS
OF THE EXTERNAL MAGNETIC FIELD OF TECHNICAL MEANS**

**ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Degtiarov O., Alrawashdeh Raqi
Kharkiv, Ukraine

Keywords: magnetic field strength, dipole magnetic moment, measurement uncertainty, induction sensor.

Ключевые слова: напряженность магнитного поля, дипольный магнитный момент, неопределенность измерений, индукционный датчик.

Abstract

Magnetic measurements are in demand in many fields of science, technology and industry. Solving a large range of scientific and practical problems is directly related to the use of measurable values of magnetic values such as magnetic field strength and dipole magnetic moment. There is a need to address interrelated tasks for the creation of high-precision methods and systems for measuring magnetic quantities, as well as the methodology for estimating the uncertainty of these measurements. The papers give general recommendations for estimating the uncertainty of indirect measurements, but there is no scientific methodology for estimating the uncertainty of the measurement of the magnetic moment.

Formulate the model equation

$$M=0,125 \cdot k_f \cdot U_{ind} \cdot R^3_{ind},$$

U – measured signal of the magnetic field sensor, V ; R – distance from the measurement object to the magnetic field sensor, mm ; k_f – coefficient of the sensor. Making a specification of measurements make an uncertainty budget (table).

Uncertainty budget for measuring the magnetic moment

Input value	Estimated input value	Standard uncertainty	Number of degrees of freedom	Distribution of the probability of the input value	Sensitivity coefficient	Contribution of uncertainty, $A \cdot m^2$
U_{ind}	10,67 V	0,0025 V	15	Normal distribution	$0,094 \frac{Am^2}{V}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
R_{ind}	500 mm	0,18 mm	15	Normal distribution	$6 Am$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
k_f	$6 \frac{A}{mV}$	$6 \cdot 10^{-4} \frac{A}{mV}$	∞	uniform distribution	$0,1667 Vm^3$	10^{-4}
M	$1,01 Am^2$	$1,1 \cdot 10^{-3} Am^2$	–	–	–	–

Write the measurement result in the following form $M=(1,0 \pm 0,002) Am^2$, $P = 0,95$. The results of the work contribute to the comparison of the results of measurements, the harmonization of normative documents, the introduction of the concept of uncertainty of measurement in the domestic metrological practice.

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ НЕСИМЕТРІЇ ПРИ КАЛІБРУВАННІ МІРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Isaiev V., Melnyk O., Kyiv, Ukraine

Keywords: negative sequence ratio, alternating voltage, precise voltmeter, uncertainty of measurement.

Ключові слова: коефіцієнт зворотної послідовності, змінна напруга, прецизійний вольтметр, невизначеність вимірювання.

Abstract

One of the parameters of power quality is the negative sequence ratio in the supply voltage unbalance. The power network analyzers are used as measuring instruments to check compliance with the power quality requirements in accordance with European standard EN 15160.

Determining the error of the analyzer's readout relatively to the corresponding values of the working standard as well as the associated uncertainty of the measurements are the objectives of the metrological support for measuring the negative sequence ratio in three-phase power grids.

The articles about the algorithm for measuring the supply voltage unbalance by power network analyzers prevail among publications on the measurement accuracy of this parameter. However, it is difficult to find references to estimating the measurement uncertainty of the negative sequence ratio that is reproduced by means of the measure. The voltage unbalance is the state of the three-phase system, when the RMS values of line voltages or the phase shift angle between the consecutive line voltages differs from the nominal values according to the definition. In addition to the positive sequence component under the voltage unbalance conditions, at least one of the following components is also present: negative sequence voltage and (or) zero sequence voltage. According to international standard IEC 61000-4-30, the negative sequence ratio for a three-phase power supply network is determined by the following expression

$$k_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6 \cdot \beta}}{1 + \sqrt{3 - 6 \cdot \beta}}} \cdot 100,$$

where U_2 is negative sequence voltage; U_1 is positive sequence voltage; β is line voltage factor.

The determination of the correction to negative sequence ratio values of the measure of the power quality parameters based on the measurement results of three line voltages using a precise AC voltmeter should be performed during calibration.

The results of determining the negative sequence ratio and evaluating the associated measurement uncertainty during the calibration of the measure of the power quality parameters is presented in the paper.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ НАУКЕ: ОТ ПРЕДПИСЫВАЮЩЕЙ ДО ОПИСАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРВОЙ

Franco Pavese
IMEKO, Torino, Italy

Keywords: the measurand as defined, the conceptual model, the prescriptive model, the descriptive model.

Abstract

In measurement science the object of a measurement is called «measurand». It is defined in VIM:2012 clause 2.3 as «quantity intended to be measured» (but in GUM:1995, B.2.9 it is defined instead according to VIM:1993 clause 2.6 «quantity subject to measurement»).

In VIM:2012, NOTE 1 to clause 2.3 specifies «the specification of a measurand requires ... description [i.e., a model] of the state of the phenomenon, body, or substance ...», and NOTE 3 adds «the measurement, including the measuring system and the conditions under which the measurement is carried out, might change the phenomenon, body, or substance such that the quantity being measured may differ from the measurand as defined. In this case, adequate correction is necessary» (emphasis added: notice the difference to Note 3 of the above clause 2.17). The concept of measurand should be shared by the relevant Community, because the same measurand is supposed to be the object of replicated measures that must be comparable, i.e., it should be recognised as a quantity having a current recognisable meaning for the community. In the dialect of the science philosophers, this means that it should be projected into a «social framework».

Also in the scientific frame this means that the measurand model must be of the «prescriptive» type, meaning «giving directions or injunctions» — which does not always mean «physical model».

The design of an experiment (DoE) must start from this initial conceptual model of the measurand, «socially shared», not from building up the descriptive model (often called the «experimental model») of the measuring system, which is specific to each measurement arrangement.

Also each measuring system must be modelled, based on the specific solutions that are chosen in order to implement the prescription in each experiment.

The previous conceptual model, being independent on any specific experimental implementation, is clearly a highly idealised one.

It does not even allow appreciating the experimental difficulties and compromise (which are graduated depending on the target uncertainty). They arise from three categories of sources indicated in the VIM:2012:

1) the phenomenon, body, or substance; 2) the measuring system; 3) the conditions under which the measurement is carried out.

A corresponding model must describe the measurement conditions (often called «physical», «experimental» or «observation» model — here it does not necessarily correspond to any of them). The presentation will discuss the non-simple roadmap bringing from the prescriptive model to the descriptive one.

IS THE REVISION OF THE SI «GETTING AHEAD OF ITSELF»?

Franco Pavese
IMEKO, Torino, Italy

Keywords: the constants and the base units, the new metrological pyramid.

Abstract

In English the expression in the title means making a step that may exceed the actual possibilities.

In some respect, the use of the fundamental constants for the definition of the most important measurement units of the International System, seemed at first glance to be a good solution to improve the stability with time of the System and to found it on more solid bases. From further analysis, it is found implying a number of consequences that has been under-evaluated so far by the BIPM and its Committees, or resolved to an insufficient degree, or at least not explained, partially or at all, to the Countries signatories of the Metre Treaty. This lack of clarity will affect the implementations of the revised System in the future.

The presentation will focus on the following issues: hierarchy between the constants and the base units and the new metrological pyramid; necessity to keep the former base units and to preserve their present magnitudes; how many are the digits that can safely be stipulated for the numerical values of the constants; why the CODATA LSA analysis could have been not apt or insufficient to provide the 'best' numerical values of the constants; why the present experimental uncertainties do not support the pretended precision of the constants; status of the speed of sound numerical value stipulated in 1983; use of the present top national standards in future; difference between a scientific context (the constants) and a regulatory context (the SI).

EVALUATION OF UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS IN AN INVERSE PROBLEM FOR NONLINEAR INERTION MEASURING SYSTEMS

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ВИМІРЮВАНЬ В НЕЛІНІЙНІЙ ІНЕРЦІЙНІЙ ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

Poliarus O., Poliakov E., Brovko Ja., Ianushkevych S.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: uncertainty of measurements, inverse measurement problem, Hammerstein model, transformation function.

Abstract

In practice, the design of non-linear measuring systems, as a rule, is not intentionally carried out. In fact, the linear measuring systems can be converted into non-linear ones due to features of operation. An example of such a system is a measuring pressure channel consisting of a sensor and a measuring line, that is, a pipe filled with liquid or gas. As a result of unintentional airflow into the liquid, it gets compression and the channel acquires nonlinear properties. It is not always possible to solve the inverse problem of measurements in nonlinear inertial systems, as shown in the authors' research. If to represent a measuring system by the Hammerstein model, then the input action (signal) initially pass to a nonlinear non-inertial unit and then to a linear inertial one. At the output of a nonlinear block the spectrum of a signal expands to a value depending on the type of nonlinear block transformation function and the characteristics of the signal itself. In such conditions, the width of the signal spectrum may exceed the bandwidth of the linear inertial block and some frequency components of the signal will be lost. Solving the inverse problem of measurements in such circumstances is meaningless.

The report deals with cases that exclude the creation of such situations. This imposes specific requirements for both the nonlinear block transformation function, the constant time of the linear inertial block, and the type of realization of the incoming random process. The components of uncertainty of measurements that are characteristic only for the inverse problem of measurements are considered. The measurement uncertainty of type A is due to the following reasons. First, since the system is nonlinear, different realizations of the stationary random process are not uniformly distorted, and in multiple model experiments, a statistical sample is obtained that is convenient for analysis. Secondly, it is the work of a genetic algorithm used for global optimization of the target function. Here, on the contrary, the results may turn out to be different for the same realization of the incoming random process. That is why, the report estimates the probability of «phantom solutions» which gives the genetic algorithm, that is, the solutions may be correct in terms of mathematics but meaningless from the physical point of view. The uncertainty of type B is due, firstly, to the unreliability of reference data on the constant time of the sensor and the entire measuring channel, and, secondly, unreliability of the information about the type of nonlinear transformation function of the measuring system. The resulting graphs explain the contribution of various causes to the uncertainty of measurements. In the simulation, it turned out that it is advisable to use the quadratic transformation function. At higher degrees of this function, solving the inverse problem of measurement in such a system becomes problematic.

THE VALIDATION OF THE OPTICAL RESEARCH METHODS IN SOFTWARE AND HARDWARE ENVIRONMENTS

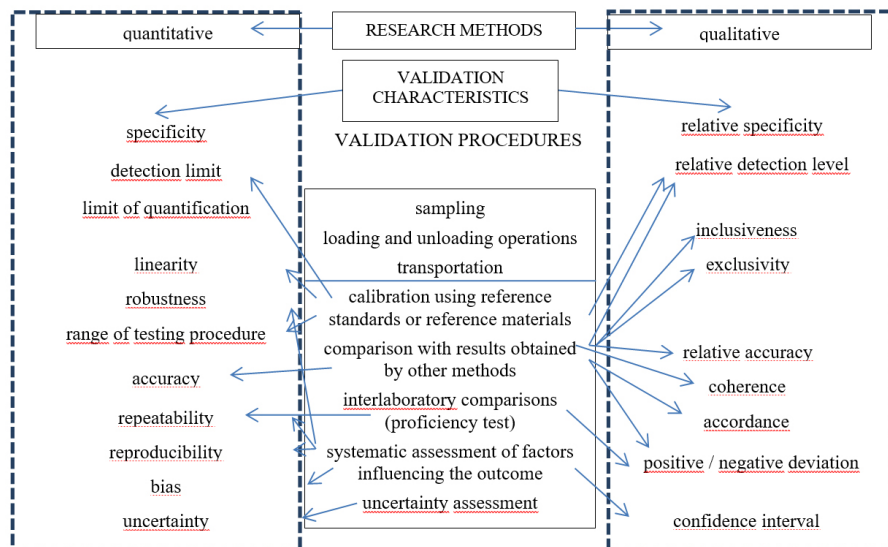
ВАЛИДАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ МЕТОДИК В ОБЛАСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ

Saukova Y.
Belarus, Minsk

Keywords: validation, research method, software, hardware environments, uncertainty.

Abstract

Digital images are information models of objects and can therefore be used to research their qualitative and quantitative properties. Therefore, there is a need to determine the effectiveness of optical methods in software and hardware environments by their validation. To establish the range of validation characteristics the methods were divided into the following groups: a) depending on the stage of the object life cycle the methods of control and modeling; b) depending on the researched feature – the quantitative and qualitative methods. The analysis of the relevant regulatory documents showed that the sets of validation characteristics and methods of validation are well developed for the quantitative optical methods. In author's opinion the recommendations of standard ISO 16140 designed for microbiology can be used in qualitative optical methods. The sets of validation characteristics and proposed validation procedures for optical qualitative and quantitative methods are shown on figure.



Validation characteristics and procedures

The information channel includes following elements – «light source» – «non-self-illuminating object» – «digital camera» – «software» – «video terminal». Then each element can be the object of research. Preliminary experiments have shown that the empirical approach based on the observed variability and considering the information channel as a «black box» is the most effective for validation. Qualitative optical research methods have a more limited set of validation procedures than quantitative methods. It should be noted that «Personnel» is the studied factor with regard to the procedure «Systematic assessment of factors influencing the outcome» in some qualitative methods (visual control with the help of «video terminal»). When automated expert systems are using the human factor is not taken into account but the factor «software» has a significant specific weight.

THE SIMULATOR OF MONTE CARLO METHOD FOR THE PRACTICE IN MEDICAL LABORATORIES

ТРЕНАЖЕР МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ПРАКТИКИ В МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Saukova Y., Zlobina U., Kuleshova A.
Minsk, Republic of Belarus

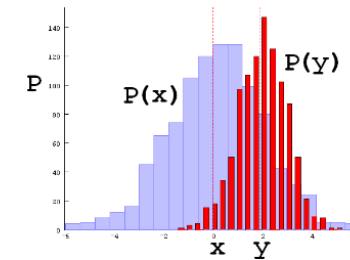
Keywords: Monte-Carlo method, data processing, uncertainty.

Abstract

At present in practice numerical methods of the stochastic process are widely used for processing large data sets. One of the fields of application of these methods is medicine, in particular the activity of medical laboratories. The Monte Carlo method (hereinafter MCM) is used when: contributions of different components of uncertainty are substantially different; the distribution of the output quantity is not a normal or scaled offset t-distribution; it is difficult to find partial derivatives of the measurement function, as required by the law of uncertainty transformation; the model is quite complex; the probability distribution of the probabilities of the input quantities are asymmetric; the output value estimate and the corresponding standard uncertainty are approximately equal.

In the measurements and tests of the medical field, the following features can be singled out: the object of measurement is biological material, work is performed at the beginning of the range at small values of the magnitudes, and also the complexity of ensuring reliability based on actual data. Terms are used; anxiety interval, critical interval, biological reference interval, reference interval. To find the interval in accordance with ISO 15189, we propose to use MCM. Based on this, we developed a simulator for the application of MCM and was introduced into the process of training students in the specialty «Metrology, standardization and certification». The Monte Carlo method is a type of estimation of type A uncertainty and can be used in metrological activities of laboratories for the processing of measurement information and modeling. On the basis of the department «Standardization, Metrology and Information Systems» a simulator «Application of the Monte Carlo method in the activity of the testing laboratory» was developed, intended for training students within the framework of the academic disciplines «Theoretical metrology» and «Legislative and applied metrology». The goal of the business game is to master the Monte Carlo method for solving two main problems: 1) processing experimental data; 2) modeling of measurement processes and measuring systems. In the framework of solving the first problem, students are asked to correctly perform mathematical processing of the array of experimental data using the Monte Carlo method. Variable factors are the frequency and volume of samples. The resulting intervals (extended uncertainties) are subject to analysis and decision making. Within the framework of the solution of the second problem, it is proposed to use standard generators of

random and pseudorandom numbers. Variable factors in this case are the volumes of arrays and the types of attributed distributions. The subject of the analysis is in this case the types of distributions of the output quantity. The example of measurements results vision is shown on figure.



Diagrams of calculations

Capabilities of the Monte Carlo method: 1. If it can be demonstrated that the conditions necessary to obtain valid results on the GUM uncertainty framework are met. Sometimes it is easier to apply MCM because of difficulties in calculating the sensitivity coefficients. 2. If there are any indications that the GUM uncertainty assessment framework may prove to be unreasonable MCM is expected to give a reasonable result, since no approximating assumptions are made in it. 3. It is difficult to assess whether the GUM uncertainty framework is justified or not. MCM can be used both for obtaining results directly, and for evaluating the quality of results obtained from the GUM uncertainty framework. As a conclusion we emphasize the importance of using this simulator in training personnel for processing the results of medical laboratories and the factor of uncertainty in the research reports.

FEATURES OF THE PROCESSING OF RESULTS AND ESTIMATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY OF INTER-LABORATORY COMPARISON FOR CALIBRATION LABORATORIES

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Velychko O.¹, Gordiyenko T.²
Kyiv¹, Odessa², Ukraine

Keywords: inter-laboratory comparison, calibration laboratory, uncertainty of measurements, transmission sample, National Metrology Institute.

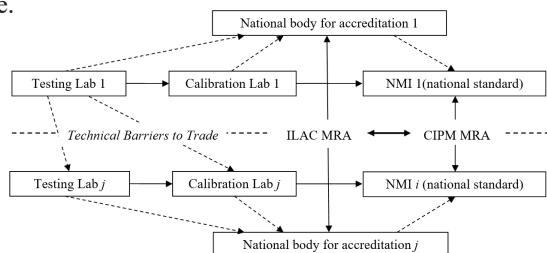
Ключевые слова: межлабораторные сравнения, калибровочная лаборатория, неопределенность измерения, образец сравнения, национальный метрологический институт.

Abstract

Inter-laboratory comparisons for calibration laboratories (CL) are carried out by competent providers. For assessment the results of CL participation in such tests used the criteria set by the test coordinators for the quality of calibration for a particular type of measurement shall be used. The main task of the provider is to establish the reference value of the measured value and its uncertainty. Inter-laboratory comparisons by the CL are based on three main types of test organization, where the coordinators – providers (reference laboratories) can be: National Metrology Institutes (NMI); accredited CL; accredited providers that are not NMI or accredited CL.

Inter-laboratory comparisons for CL are conducted in different countries within the framework of national accreditation bodies' activity. For ensure the mutual recognition of the calibration results, it is advisable to establish the relationship between these tests. To do this, you can use the results of international comparisons of national standards stored in the NMI. In this case, the degrees of equivalence of the NMI standards and its uncertainty may be taken into account. Thus, it is possible to establish metrological traceability of CL standards to the corresponding national standards.

The general scheme of metrological traceability with using of calibration hierarchy is shown on Figure.



TYPES OF SOFTWARE TESTING ACCORDING TO METRICS IN QUALITY MODEL OF ISO 9126

ТИПЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С МЕТРИКАМИ В МОДЕЛИ КАЧЕСТВА ИСО 9126

Zarharova O.
Kharkiv, Ukraine

Keywords: quality, testing, software, standard, metrics, characteristics, automation.

Abstract

Comprehensive specification and evaluation of software product quality is a key factor in ensuring adequate quality. This can be achieved by defining appropriate quality characteristics, taking account of the purpose of usage of the software product. ISO/IEC 9126 defines quality characteristics for software products. It's consist of external and internal quality, quality in use (similar to usability).

The completed software product can be evaluated by the levels of the chosen external metrics. When intermediate products (specifications, source code, etc.) become available, these can be evaluated by the levels of the chosen internal metrics. In ISO 9126 there are 10 metrics. 9 of 10 metrics are referred to non-functional type of software testing (reliability, usability, efficiency, maintainability, portability, effectiveness, productivity, safety, satisfaction). And 1 metric is referred to functional type of testing (functionality).

There are four software test types:

1. Functional testing (testing of the functions of component or system)
2. Non-functional testing (includes 18 main sub-types of testing)
3. Structural testing
4. Change related to testing

Software testing is a process that should be done during the development process. In other words software testing is a verification and validation process.

General scheme of metrological traceability with using of calibration hierarchy

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Витвицкая Л. А., Лаврук Х. З., Воевода О. Р.
Ивано-Франковск, Украина

Keywords: elastography, elasticity, thyroid, shear wave, the uncertainty of the measurement.

Ключевые слова: эластография, упругость, щитовидная железа, сдвиговая волна, неопределенность измерения.

Аннотация

Проанализирована физическая сущность эластографического метода контроля и диагностики состояния щитовидной железы человека. Метод основан на отображении разности эластичности (или жесткости) нормальных и патологических тканей. Эластичность ткани оценивается по смещению и деформации структуры при дозированной компрессии. Количественное определение жесткости тканей может улучшить диагностические результаты ультразвуковой диагностики. Измеряется скорость сдвига поперечных волн, для этого используются акустические импульсы как стандартное сжатие. Однако нет достаточно исследований и литературы, в которых бы освещались эти вопросы.

Установлены основные характеристики и критерии для проведения диагностики. Наиболее важными ультразвуковыми характеристиками ткани щитовидной железы являются: контуры, структура, эхогенность, наличие или отсутствие локальных изменений, кровоснабжение. Проанализированы факторы, влияющие на определение этих характеристик, на их изменение при различных патологиях. На основании экспериментальных данных установлены границы изменения их количественных значений, определяющие достоверность контроля. Произведен расчет суммарной методической неопределенности, который подтвердил достаточно высокую точность метода эластографии.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ГАЗА

Владимирова Т. М.
Архангельск, Российская Федерация

Keywords: estimation of measurement uncertainty, gas flow rate, uncertainty type A, uncertainty type B, uncertainty budget, expanded uncertainty.

Ключевые слова: оценка неопределенности измерений, объемный расход газа, неопределенность типа А, неопределенность типа В, бюджет неопределенности, расширенная неопределенность.

Аннотация

Подход, установленный к оцениванию неопределенности измеряемых величин, распространяется на широкий спектр измерений, включая те, которые используют для обеспечения требуемого качества продукции и контроля качества на производстве.

В основе методики лежит определение составляющих неопределенности: неопределенности типа А, неопределенности типа В, суммарной стандартной неопределенности, коэффициента охвата, расширенной неопределенности.

Очень важно правильно составить математическую модель, с помощью которой совокупность повторных наблюдений преобразуется в результат измерения, поскольку помимо наблюдений в нее обычно необходимо включать различные влияющие величины, точные значения которых неизвестны. Эта неизвестность вносит вклад в неопределенность результата измерений наряду с изменчивостью результатов повторных наблюдений и с неточностью самой математической модели.

Принцип измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода газа (УЗПР) основан на том, что ультразвуковой импульс, направленный вдоль потока, распространяется быстрее ультразвукового импульса, направленного против потока. Разность времен прохождения ультразвукового импульса, а также время прохождения импульсов по направлению потока газа и против него зависят от средней скорости газа вдоль акустического пути.

Объемный расход газа при условии отсутствия образования гидратов и допустимого количества жидких/твердых включений может быть вычислен по измеренной средней скорости потока газа вдоль акустического пути через поперечное сечение УЗПР.

Математическая модель может быть представлена в следующей форме, м³/с:

$$q_c = k_u A \bar{u} \frac{p T_c Z_c}{p_c T Z}$$

где A – площадь поперечного сечения, m^2 ; k_u – коэффициент, учитывающий число Re, шероховатость стенок трубопровода (для турбулентных режимов течения) и расположения акустического канала, согласно приложению В СТО Газпром 5.2 - 2005, равно 0,996; \bar{u} – средняя скорость потока вдоль акустического пути, м/с; p, p_c, T, T_c, Z, Z_c – давление в Па, температура в К и фактор сжимаемости газа в д.ед. при условиях измерения и стандартных условиях соответственно. Сертификатом на утверждение типа средств измерения УЗПР предусмотрена суммарная неопределенность, равная $5,5 \cdot 10^{-4}$ м³/с. В рамках проведенного исследования предлагается методика расчета неопределенности измерений объемного расхода газа, которая может быть использована на предприятиях нефтегазового комплекса при оценке точности распределения и контроля оборота газа.

ANALYSIS OF THE UNCERTAINTY IN MULTI-PARAMETER EDDY CURRENT TESTING OF METAL CYLINDRICAL BODIES

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ МНОГОПАРАМЕТРОВОМ ВИХРЕТОКОВОМ КОНТРОЛЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Горкунов Б. М., Борисенко Е. А., Шибан Тамер
Харьков, Украина

Keywords: measurement uncertainty, eddy current testing, conductivity, magnetic permeability, spatially periodic electromagnetic field.

Ключевые слова: неопределенность измерения, вихретоковый контроль, проводимость, магнитная проницаемость, пространственно-периодическое электромагнитное поле.

Аннотация

В докладе рассматривается проблема оценки неопределенности результата измерений при вихретоковом методе структуроскопии металлических цилиндрических изделий. Для пространственной модели ферромагнитного цилиндра конечного радиуса, находящегося в электромагнитном поле, создаваемом проводником с синусоидальным током, расположенном от оси цилиндра на некотором расстоянии, была получена система уравнений для r -й и ϕ -й компоненты напряженности магнитного поля внутри и вне этого цилиндра, позволяющая представить его составляющие в виде рядов по пространственным гармоникам. Система уравнений для r -й и ϕ -й компоненты напряженности поля имеет решения в виде функций, которые после выделения действительной и мнимой части функций Бесселя с помощью функций Кельвина (*ber bei*) позволяют получить выражения для амплитуд A_i и тангенса фаз $tg\Phi_i$ i -й пространственной гармоники. Выбирая взаимное расположение и способы включения обмоток возбуждения и измерительных обмоток, на последних можно получить выходной сигнал, преимущественно содержащий одну из гармоник сигнала высокого порядка. Разработан алгоритм, согласно которому по измеренным значениям амплитуд и фаз первой и второй гармоники A_1, A_2, Φ_1, Φ_2 , по теоретически полученным зависимостям $A_2/A_1 = f(tg\Phi_1)$, $tg\Phi_2 = f(x)$ и $A_1 \frac{d}{a} = f(x)$, $x = a\sqrt{\mu_0 \mu \sigma \omega}$ (где ω – циклическая частота тока в обмотке

возбуждения; a – радиус исследуемого образца; μ – магнитная проницаемость материала образца; σ – удельная проводимость материала образца; d – расстояние от центра образца до измерительных обмоток) можно аналитически-графическим методом определить параметры μ , σ и a исследуемого образца. Ввиду математической насыщенности описанного алгоритма представляется затруднительным расчет неопределенности по методике, описанной в GUM. Согласно классическому подходу для расчета

неопределенности необходимо составить уравнение измерения, связывающее входную и выходную величины аналитически однозначно. Поскольку в рассматриваемом алгоритме определения μ , σ и α речь, очевидно, идет о косвенных измерениях, согласно GUM расчет необходимо производить с применением частных производных, что в случае использования описанного метода расчета теоретических зависимостей представляется затруднительным. В докладе предлагается рассмотреть метод аналитически-графического вычисления неопределенностей, исходными данными для которого являются предельные погрешности измерительных приборов (вольтметр и фазометр) и теоретические зависимости $A_2/A_1 = f(\text{tg}\Phi_1)$, $\text{tg}\Phi_1 = f(x)$ и $A_1 \frac{d}{a} = f(x)$.

ABOUT THE DETERMINATION OF CALIBRATION INTERVALS OF MEASURING INSTRUMENTS

ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ КАЛИБРОВКАМИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Данилов А. А., Спутнова Д. В.
Пенза, Российская Федерация

Keywords: the interval between calibrations, calibration, measurement uncertainty, measuring instruments.

Ключевые слова: интервал между калибровками, калибровка, неопределенность измерений, средства измерений.

Аннотация

Проведение калибровки средств измерений позволяет установить соотношение между значениями величин, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями средств измерений. Учитывая, что средства измерений обладают некоторой нестабильностью, несомненно актуальным является вопрос: как долго можно применять установленное при калибровке соотношение между показаниями средств измерений и присвоенными им соответствующими значениями?

Следует отметить, что изменение характеристик некоторых экземпляров средств измерений может иметь систематический характер, что позволяет прогнозировать изменение характеристик средств измерений и вводить поправки на систематический дрейф. Однако более часто изменение характеристик средств измерений имеет случайный характер, что не позволяет прогнозировать его и вводить поправки. И в том, и в другом случае необходимо как-то назначать интервал между калибровками средств измерений, взяв за основу имеющиеся протоколы калибровки этого экземпляра средства измерений.

В тех случаях, если можно предположить, что изменение характеристик экземпляра средства измерений имеет систематический характер, целесообразно проводить его периодические калибровки с применением одних и тех же экземпляров эталонов, а также проводить калибровку средства измерений по возможности при близких значениях влияющих величин условий калибровки. Это позволит повысить достоверность оценки коэффициентов моделей, позволяющих описать нестабильность средства измерений, и снизить неопределенность получаемых поправок. При этом интервалы между калибровками этого экземпляра средства измерений целесообразно назначать исходя из соотношения между имеющимися оценками систематического дрейфа и неопределенности измерений при калибровке средства измерений.

Если же можно предположить, что изменение характеристик экземпляра средства измерений имеет случайный характер, то в этом случае не

предполагается введение поправки на нестабильность, а потому нет необходимости в соблюдении столь жестких требований к применению одних и тех же экземпляров эталонов при калибровке средства измерений, а также к обеспечению близких значений влияющих величин условий калибровки. При этом интервалы между калибровками этого экземпляра средства измерений могут быть назначены исходя из соотношения между известными оценками неопределенности, вызванной нестабильностью средства измерений, и неопределенности измерений при калибровке средства измерений.

В обоих случаях, возможно, могут потребоваться дополнительные эксперименты (калибровки) через различные интервалы времени.

Приводятся примеры назначения интервалов между калибровками средств измерений.

VIRUS TITRE UNCERTAINTY ESTIMATION FOR THE METHOD OF HEMAGGLUTINATION

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТИТРУ ВІРУСУ ДЛЯ МЕТОДУ ГЕМАГЛЮТИНАЦІЇ

Єременко В. С., Мокійчук В. М.

Київ, Україна

Keywords: hemagglutination, uncertainty, dilution uncertainty, nonlinear transformation of a random value.

Ключові слова: гемаглютинація, невизначеність, невизначеність розведення, нелінійне перетворення випадкової величини.

Анотація

Ефект гемаглютинації широко застосовується для визначення титру збудників вірусних захворювань у ветеринарії. Однією з методик є реакція затримки гемаглютинації (РЗГА). Реакція базується на здатності блокувати гемаглютинуючі властивості вірусів за допомогою специфічних антитіл. У результаті цього спостерігається затримка аглютинації еритроцитів, тобто відсутність їх осідання на дно лунки планшета. Результат подається у одиницях ГАО/мл або у логарифмічному масштабі. За одну гемаглютинуючу одиницю (ГАО) прийнято таку кількість вірусу, яка викликає аглютинацію в 1 мл 1%-ї суспензії курячих еритроцитів.

Процедура складається з таких основних етапів:

1) приготування 1%-ї суспензії еритроцитів півня; 2) визначення початкового гемаглютинуючого титру вірусу (антигену); 3) приготування робочої дози антигену 4 ГАО; 4) постановка реакції РЗГА, додавання робочого розчину антигену (4 ГАО) до досліджуваної сироватки, розведеної у пропорції від 1/2 до 1/4096, та облік результату.

За результатом аналізування етапів методики визначено основні джерела невизначеності: послідовні двократні розведення сироватки, похибку дозування, приготування суспензії еритроцитів, приготування робочого розчину антигену 4 ГАО, суб'єктивну складову, обумовлену фіксацією лунки, у якій наявна чітко виражена аглютинація, заокруглення.

Під час виконання етапів 2 та 4 процедурою передбачено послідовне розведення зразків, що призводить до накопичення похибки розведення, причому такі похибки всіх розведень є корельованими. Кінцевий результат етапу 4 обчислюється як $4(ГАО) \cdot K$, де K – коефіцієнт розведення лунки, у якій ще спостерігається повна аглютинація. Якщо для першого розведення (коефіцієнт 2) похибка має значення Δ , то у розведенні n її частка буде $\Delta \cdot 2^{n-1}$, і це без урахування похибок інших розведень. Тому для зменшення цієї складової запропоновано паралельне розведення, що вимагає застосування більшої кількості дозаторів, але зменшує похибку розведення. Зменшення невизначеності піпетування під

час розведення можна досягти шляхом застосування гідрофобних наконечників дозаторів.

Специфіка оцінювання невизначеності типу А.

В цьому випадку обчислення необхідно проводити у логарифмічному масштабі (логарифмуванню за основою 2 піддається номер розведення), оскільки відбувається лінеаризація аргумента.

Для обчислення розширеної невизначеності, яка буде асиметричною внаслідок нелінійного перетворення, необхідно обчислити граничні значення у логарифмічному масштабі $\bar{X}-U$ та $\bar{X}+U$, а потім перевести у лінійний масштаб. Отже, результат подається у формі:

$$2^{\bar{X}} + 2^{\bar{X}+U} - 2^{\bar{X}-U}$$

Основна складність методики полягає у виборі коефіцієнта покриття для визначення величини U . Оскільки застосовується нелінійне перетворення K , то закон розподілу $\log_2(K)$ буде асиметричним і, наприклад, якщо K має рівномірний закон, то $\log_2(K)$ матиме експоненційний закон, якщо K має закон Гауса, то $\log_2(K)$ – логнормальний.

Окреслену задачу вирішено шляхом імітаційного моделювання Монте-Карло.

ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS IN THE SUBSTANTIATION OF THE EQUATION OF DYNAMIC MEASUREMENTS

АНАЛИЗ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ОБОСНОВАНИИ УРАВНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Захаров И. П., Сергиенко М. П.

Харьков, Украина

Keywords: measurement model, dynamic measurement, measurement uncertainty.

Ключевые слова: модель измерения, динамическое измерение, неопределенность измерения.

Аннотация

Динамические измерения – измерения физических величин, которые не могут считаться неизменными за время измерения, – прочно заняли место в метрологической практике в разных областях науки и техники, будь то промышленное производство или ответственные лабораторные исследования. Моделирование динамического измерения в каждом конкретном случае представляет собой сложную метрологическую задачу, решение которой требует всестороннего анализа как самого объекта измерения, так и условий проведения измерительного эксперимента (на рисунке). При этом важнейшим остается вопрос нахождения оптимальной модели измерения, адекватно описывающей преобразование искомым величин $x_i, i=1...N$, в измеряемые величины $y_j, j=1...M$ с необходимой точностью.

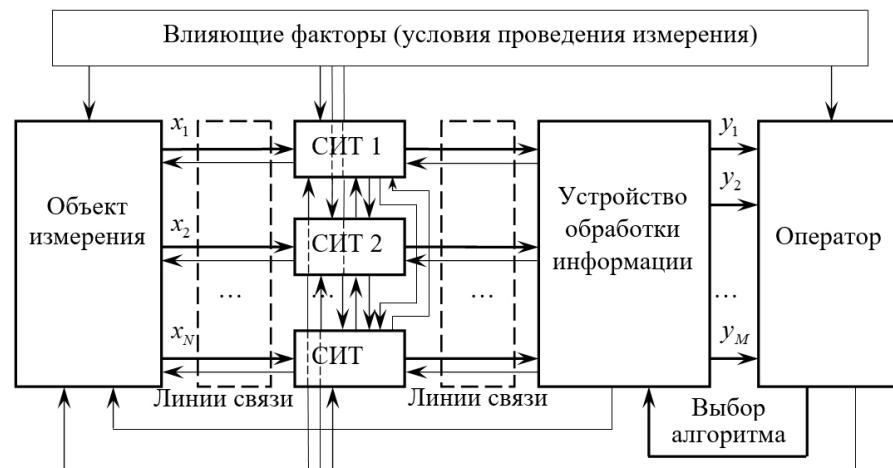


Схема измерения

В общем случае при моделировании измерения входными величинами будут показания, поправки и влияющие величины. Показания обеспечивают

средства измерительной техники (СИТ) – однократные либо многократные наблюдения величин x_j , устройство обработки информации – значения y_j , зависящие от выбранного алгоритма обработки, и оператор, считывающий эти значения. Сложность динамических измерений вызвана необходимостью учета динамических свойств СИТ, описываемых их динамическими характеристиками, непосредственно влияющими как на сам результат измерения, так и на его точность. Поэтому построение модели динамического измерения обязательно должно включать процедуру проверки адекватности динамической модели СИТ.

Поправки необходимо вводить на известные систематические эффекты, такие как: взаимодействие СИТ с объектом измерения, влияние линий связи, имеющих конечное сопротивление, внутренние шумы и другие параметры, наличие электромагнитных воздействий между составляющими схемы измерения. Влияющие величины могут существенно влиять на неопределенность измерения величин y_j , поэтому эти величины требуют внимательного изучения и включения в модель измерения.

На сегодняшний день нормативный документ JCGM103 «Оценивание данных измерений». Дополнение 3 к «Руководству по выражению неопределенности измерения. Моделирование», касающийся непосредственно моделирования измерений, в том числе динамических, находится в разработке, и задача построения модели динамических измерений требует эффективного, реализуемого на практике решения.

LAW OF PROPAGATION OF EXPANDED UNCERTAINTY

ЗАКОН РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАСШИРЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Захаров И. П., Боцюра О. А.
Харьков, Украина

Keywords: expended measurement uncertainty, coverage factor, Monte-Carlo Method.

Ключевые слова: расширенная неопределенность измерений, коэффициент охвата, метод Монте-Карло.

Аннотация

Рассмотрены проблемы оценивания расширенной неопределенности при реализации байесовского подхода. Показано, что существующие методы не позволяют получить значение расширенной неопределенности с погрешностями менее 16 %.

Проводится обоснование метода оценивания расширенной неопределенности, названного авторами «Закон распространения расширенной неопределенности». Рассмотрено выполнение этого закона для вычисления расширенной неопределенности типа *A* при отсутствии и наличии корреляции между входными величинами. Проверено выполнение этого закона при суммировании составляющих обоих типов для симметричных (нормального, равномерного и арксинусного) законов распределения суммарной составляющей типа *B*. При суммировании нескольких составляющих типа *B* предлагается для вычисления коэффициента охвата применять метод эксцессов.

Показано, что предлагаемая методика позволяет добиться хорошего совпадения (с погрешностями не более 4,5 %) оценок расширенной неопределенности с оценками, полученными методом Монте-Карло.

COMPLIANCE PROBABILITY DETERMINATION OF THE MEASURING EQUIPMENT WITH THE TECHNICAL DOCUMENTATION REQUIREMENTS

ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНOSTІ ВІДПОВІДНОСТІ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВИМОГАМ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Захаров І. П., Неєжмаков П. І., Боцюра О. А.
Харків, Україна

Keywords: probability of compliance, measurement uncertainty, calibration.
Ключові слова: ймовірність відповідності, невизначеність вимірювань, калібрування.

Анотація

Розглядаються положення європейських та міжнародних нормативних документів, що стосуються оцінки відповідності досліджуваного об'єкта вимогам технічної документації. Показано, що у багатьох випадках результат калібрування засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) при оцінюванні його відповідності метрологічним вимогам може знаходитися у зоні невизначеності. В цьому випадку стандарти JCGM 106:2012 та OIML G 19:2017 рекомендують оцінювати ймовірність відповідності ЗВТ вимогам технічної документації для того, щоб замовник сам мав можливість визначити ризик подальшого використання цього ЗВТ у виробничій практиці.

Наведено вирази для оцінки ймовірності відповідності ЗВТ метрологічним вимогам для різних законів розподілів вимірюваної величини.

Побудовано діаграму, яка дозволяє проводити оперативний контроль ймовірності відповідності відкаліброваного ЗВТ.

Розроблено алгоритм застосування методу Монте-Карло для розрахунку ймовірності відповідності ЗВТ на основі бюджету невизначеності, отриманого під час його калібрування для будь-якого закону розподілу вимірюваної величини.

Наведено приклади розрахунку ймовірності відповідності відкаліброваних засобів вимірювальної техніки метрологічним вимогам, встановленим у технічній документації.

PROFICIENCY TESTING PROVIDER SE «KHARKOVSTANDARTMETROLOGIYA»

ПРОВАЙДЕР ПРОВЕРКИ КВАЛІФІКАЦІЇ ГП «ХАРЬКОВСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»

Коржов І. М.
Харьков, Україна

Keywords: proficiency testing, EN ISO/IEC 17043, coordinator, provider.
Ключевые слова: проверка квалификации, EN ISO/IEC 17043, координатор, провайдер.

Аннотация

Проверка квалификации (proficiency testing) – эффективный инструмент подтверждения текущей компетентности лаборатории и внешней оценки качества метрологических работ. Участие в проверке квалификации является необходимым условием соответствия лаборатории ISO/IEC 17025, определено в ISO/IEC 17011, также результаты участия в проверке квалификации учитываются при оценке состояния измерений лабораторий на соответствие ISO 10012.

Согласно EN ISO/IEC 17043 проверку квалификации реализует провайдер проверки квалификации. Проверка квалификации осуществляется путем участия лабораторий в программах проверки квалификации. ГП «Харьковстандартметрология», в качестве провайдера проверки квалификации, и Отдел прикладной метрологии измерительных систем и процессов (ОСП), в качестве координатора проверки квалификации, регулярно проводят программы проверки квалификации по таким направлениям, как калибровка (39 программ) и испытания (4 программы). Программы проверки квалификации по направлению калибровки охватывают следующие виды измерений: AUV – акустика, ультразвук, вибрация; ЭМ – электричество и магнетизм; L – длина; М – масса и связанные с ней величины; PR – фотометрия и радиометрия; QM – химия; Т – термометрия; TF – время и частота. Перечень программ проверки квалификации с подробной информацией, условия участия, а также отчеты по завершенным турам программ проверки квалификации приведены на официальной веб-странице провайдера проверки квалификации ГП «Харьковстандартметрология» (<http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23/>).

В период с 2016 по июнь 2018 года ГП «Харьковстандартметрология» провел 22 тура программ проверки квалификации, в которых приняли участие более 50 организаций со всей Украины.

Для независимого подтверждения своей компетенции в проведении работ по проверке квалификации провайдер проверки квалификации ГП «Харьковстандартметрология» первым в Украине проходит аккредитацию в Национальном агентстве аккредитации Украины на соответствие ДСТУ EN ISO/IEC 17043.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ
ОЦЕНКИ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА
ИСПЫТАНИЙ**

Коробко А. И.
Харьков, Украина

Keywords: uncertainty, coincidence of results, probability, random error, methodological error, theoretical investigation, experimental study, measurement, error of determination of mean value.

Ключевые слова: неопределенность измерения, совпадение результатов, вероятность, случайная погрешность, методическая погрешность, теоретическое исследование, экспериментальное исследование, измерение, погрешность определения среднего значения.

Аннотация

При проведении научных исследований важным является вопрос определения, насколько разработанная математическая модель метода испытания (измерения) совпадает с действительностью. Иначе говоря, насколько экспериментальное распределение данных соответствует теоретическому (методическая погрешность метода). Решение указанных задач базируется на основных положениях теории вероятности и математической статистики.

Предложен новый способ оценки влияния случайной и методической погрешностей на результат измерения, оценки совпадения теоретических и экспериментальных данных на основе методов математической статистики, используя в качестве показателя вероятность, с которой математическое ожидание экспериментальных данных находится в пределах неопределенности измерения теоретического значения показателя. В качестве количественного показателя влияния методической погрешности предложено отношение разницы между теоретическими и экспериментальными данными и средней погрешностью их определения. В качестве количественного показателя влияния случайной погрешности предложено отношение неопределенности измерения экспериментальных данных к неопределенности измерения теоретических данных. Указанные показатели основаны на предположении того, что теоретические и экспериментальные данные распределены нормально.

Результат теоретического измерения можно представить в виде распределения с числом измерений, приближающимся к бесконечности. Такие результаты распределяются по нормальному закону, а математическое ожидание (среднее значение) будет равняться результату расчета по математической модели без учета неопределенности измерения.

При теоретическом исследовании на результат измерения не будет влиять

случайная погрешность, а методическая, априори, равняется нулю. В этом случае значение неопределенности измерения будет определяться неопределенностью типа В, которые можно найти в разных источниках.

Неопределенность измерения рассчитывается с доверительной вероятностью $P=0,95$, поэтому границы изменения показателя будут охватывать почти всю площадь под кривой распределения. Исходя из этого, можно сказать, что условные границы изменения теоретического значения показателя будут определяться величиной его неопределенности измерения. Погрешность определения среднего теоретического значения будет равняться $1/3$ от неопределенности.

При осуществлении измерений в реальных условиях на их результат будут влиять случайная и систематическая погрешности. За счет действия случайной погрешности расширяется интервал (по сравнению с теоретическими данными измерений), в котором может находиться истинное значение измеряемой величины. Кроме этого, за счет несовершенства математической модели (модельного уравнения) измерения показателя (методическая погрешность), математическое ожидание экспериментальных данных может отличаться от теоретического. Математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и погрешность определения среднего значения экспериментальных данных определяются по классическим формулам теории вероятности

Для оценки влияния методической погрешности на результат измерения определяются границы возможных отклонений теоретических данных от экспериментальных в долях от погрешности определения разницы между этими величинами.

По специальным таблицам, приведенным в литературе по математической статистике, в зависимости от величины совпадения результатов, определяется вероятность, с которой среднее значение теоретического распределения выходит за пределы доверительных границ определения среднего значения исследуемой величины, определенной экспериментальным путем.

При значении предложенного показателя, равном $0,68$, вероятность совпадения теоретических и экспериментальных результатов будет 50% , а при значении, равном 1 , – вероятность несовпадения теоретических и экспериментальных результатов будет 68% . Если значение предложенного показателя больше $1,3$ (вероятность совпадения результатов более 80%), то можно считать, что методическая погрешность незначительно влияет на результаты, а сами результаты являются сопоставимыми.

INVESTIGATION OF THE DEVICE FOR MEASUREMENT OF HUMIDITY OF LOOSE MATERIALS

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Кошевой Н. Д., Беляева А. А.
Харьков, Украина

Keywords: cost, optimization, measurement uncertainty, experiment design, taboo search, swarm of particles, random search.

Ключевые слова: стоимость, оптимизация, неопределенность измерения, план эксперимента, табу-поиск, рой частиц, случайный поиск.

Аннотация

В современном мире нашли широкое применение различные методы планирования эксперимента. При применении планирования эксперимента изменение всех факторов, которые влияют на исследуемый объект, происходит одновременно, что делает возможным определение степени их взаимодействия, позволяет уменьшить количество опытов и сформировать математическую модель этого объекта. Поэтому возникает задача получения этих моделей с минимальными временными и стоимостными затратами.

Для оценки степени и характера влияния на неопределенность измерения влагомера сыпучих материалов таких факторов, как сорт материала, определяемый начальной диэлектрической проницаемостью, температура и влажность, необходимо получить математическую модель. Для синтеза зависимости $\Delta W = f(\epsilon, t^\theta, W)$ доминирующими факторами были выбраны: X_1 – исходная диэлектрическая проницаемость ϵ , X_2 – температура t^θ , X_3 – влажность W . Выходным показателем являлась абсолютная неопределенность измерения ΔW влажности сыпучего материала. Оптимальные планы для исследования прибора измерения влажности сыпучих материалов, полученные методами табу-поиска, случайного поиска (перестановки столбцов матрицы планирования), роя частиц, представлены в таблице.

Оптимальные планы эксперимента

Оптимальный план (табу-поиск)				Оптимальный план (перестановка столбцов матрицы планирования)				Оптимальный план (рой частиц)			
Номер опыта	Факторы			Номер опыта	Факторы			Номер опыта	Факторы		
	X ₁	X ₂	X ₃		X ₁	X ₂	X ₃		X ₁	X ₂	X ₃
1	-1	-1	+1	1	-1	-1	+1	1	-1	-1	+1
2	-1	+1	-1	3	+1	-1	-1	3	+1	-1	-1
6	-1	+1	+1	7	+1	-1	+1	7	+1	-1	+1
8	+1	+1	-1	5	-1	-1	-1	5	-1	-1	-1
4	+1	+1	+1	6	-1	+1	+1	6	-1	+1	+1
3	+1	-1	-1	8	+1	+1	-1	2	-1	+1	-1
7	+1	-1	+1	4	+1	+1	+1	4	+1	+1	+1
5	-1	-1	-1	2	-1	+1	-1	8	+1	+1	-1

Стоимость выполнения эксперимента, полученная с использованием метода табу-поиска, составила 50 у. е. Получен выигрыш по сравнению с начальным планом в 5,02 раза и в 5,54 раза по сравнению с планом максимальной стоимости. Время счета программы – 0,06 с.

Стоимость выполнения эксперимента, полученная с помощью метода случайного поиска (перестановка столбцов матрицы планирования), составила 56 у. е. Получен выигрыш по сравнению с начальным планом в 4,48 раза и в 5,34 раза по сравнению с планом максимальной стоимости. Время счета программы – 6,5 с.

Стоимость выполнения эксперимента, полученная с помощью метода роя частиц, составила 48 у. е. Получен выигрыш по сравнению с начальным планом в 5,23 раза и в 6,23 раза – по сравнению с планом максимальной стоимости. Время счета программы – 0,04 с.

Исходя из результатов, можно сделать вывод, что наилучшими показателями выигрыша при оптимизации процесса измерения влажности сыпучих материалов, а также наибольшим быстродействием обладает метод роя частиц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ПОХИБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

Кричевець О. М.
Львів, Україна

Keywords: computational components, measuring system, transformate function of errors, finite automata.

Ключові слова: вимірювальні системи, кінцевий автомат, обчислювальні компоненти, функція перетворення похибок.

Анотація

У доповіді наведено результати досліджень поведінки функцій перетворення похибок вхідних даних для різних типів обчислювальних компонентів вимірювальних систем із використання їх узагальнених моделей, розроблених на базі теорії кінцевих автоматів.

Показано, що залежно від виду і значення функції перетворення похибок вхідних даних (метрологічного стану обчислювальних компонентів) похибки результатів вимірювань вимірювальними каналами систем мають детермінований характер змін, як у статичному, так і у динамічному режимах функціонування обчислювальних каналів.

Визначено основні залежності похибок результатів вимірювань від похибок вхідних даних та від типів функцій перетворення вхідних даних, наведено результати їх розрахунку.

РЕШЕНИЕ СЛОЖНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Курской Ю. С., Гнатенко А. С., Сивни В. Б.
Харьков, Украина

Keywords: nonlinear dynamic system, chaos.

Ключевые слова: нелинейная динамическая система, хаос.

Аннотация

К разряду сложнейших метрологических задач относится задача измерения динамических переменных (ДП) нелинейных динамических систем (НДС). При этом объектом измерения могут выступать как физические, так и нефизические величины – химические, биологические, информационные, социальные и экономические. До недавнего времени такие измерительные задачи оставались за рамками внимания метрологической науки. К таким задачам можно отнести измерение состояния экологических, биологических, электронных и иных систем.

ДП НДС присуще сложное, нелинейное и часто хаотичное поведение. С точки зрения теоретической метрологии измерение значений ДП представляет собой многофакторный эксперимент. Сложность его заключается не только в необходимости учёта большого количества факторов, но и в невозможности корректного описания динамики ДП и их связей известными математическими моделями и уравнениями. При этом цель многофакторного эксперимента ограничивается не только представлением результатов измерения в форме погрешности или неопределённости, но и получением максимально возможного объёма информации о системе, которая может быть выражена такими характеристиками, как фрактальная размерность, энтропия, время предсказания динамики и др.

Для измерения ДП НДС разрабатывается новое направление теоретической метрологии – нелинейная метрология (НМ). В её основу положены принципы междисциплинарных теорий информации, открытых систем, динамического хаоса, синергетики и ряда других. Опираясь на свойства НДС, авторы нелинейной метрологии предлагают следующие инструменты анализа результатов измерения в НДС: временные ряды результатов измерения ДП; портрет измерения (фазовый портрет с учётом неопределённостей измерения), построенный по результатам измерения; показатели Ляпунова; энтропия Шеннона и энтропия Колмогорова; фрактальная размерность временных рядов; время предсказуемости; энтропийные и временные шкалы оценки состояния системы. При этом значения всех величин должны содержать погрешность (или неопределённость результатов измерения).

Применение физических подходов и математических инструментов нелинейной метрологии позволяет обеспечить исследования систем со сложной, нелинейной динамикой корректными инструментами измерения и анализа, оценить достоверность полученных данных и возможность прогнозирования динамики НДС.

КОНЦЕПЦИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ:
ФИЛОСОФИЯ И МАТЕМАТИКА

Левин С. Ф.
Москва, Российская Федерация

Keywords: measurement, measuring problem, accuracy estimation, approach based on moments of probability distributions, approach based on compositions of probability distributions.

Ключевые слова: измерение, измерительная задача, оценивание точности, моментный подход, композиционный подход.

Аннотация

На международном семинаре по статистической и компьютерной поддержке измерений во ВНИИМ имени Д.И. Менделеева в 2004 году обсуждались методы решения основной измерительной задачи «Руководства по выражению неопределенности измерения» (GUM) для выходной величины функции $Y=F(X_1, X_2, \dots, X_Q)$ по данным измерений входных величин X_1, X_2, \dots, X_Q . GUM дал решение задачи по оценкам моментов функций плотности вероятностей (PDF) этих величин, а группа метрологов Германии и Великобритании рассмотрела оценивание PDF величины Y методом Монте-Карло. Автором же было предложено альтернативное решение задачи идентификации PDF величины Y как композиции погрешностей неадекватности функционального преобразования F и погрешностей измерений величин X_1, X_2, \dots, X_Q . В ответ западноевропейские коллеги выразили готовность поспорить по философским вопросам.

Дискуссия была продолжена заочно в статьях, но философских вопросов она не касалась.

В 2016 году появился перевод одноименных статей из OIML Bulletin и Accreditation and Quality Assurance, не известных автору, на что и обратил его внимание профессор И. П. Захаров. Но это и было обещанное продолжение дискуссии по философским вопросам.

Доклад посвящен анализу наиболее важных положений статьи с точки зрения моментного и композиционного подходов к оцениванию точности результатов решения измерительных задач.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Левин С. Ф.
Москва, Российская Федерация

Keywords: measuring instrument, conversion function, error function, amendments function, calibration, verification, confidence level, tolerance interval.

Ключевые слова: средство измерений, функция преобразования, функция погрешности, функция поправок, калибровка, градуировка, доверительная вероятность, толерантный интервал.

Аннотация

Проблемные вопросы калибровки средств измерений связаны со следующими обстоятельствами:

- на практике калибровка средств измерений проводится по методикам поверки, в большинстве которых характеристиками точности эталонов пренебрегают;
- во многих случаях результаты калибровки средств измерений оформляются в виде протокола совместных измерений калибруемого средства измерений и эталона с указанием характеристик точности только эталона;
- задача статистической структурно-параметрической идентификации функции преобразования или функции поправок, как правило, не решается, и в большинстве случаев ограничиваются параметрической идентификацией методами линейного регрессионного анализа;
- соотношения для исправленного результата измерения на соответствие требованиям государственным поверочным схемам по доверительной вероятности не контролируются;
- использование при калибровке средств измерений положений «Руководства по выражению неопределенности измерения» приводит к оценкам в виде расширенной неопределенности и интервалов охвата, которые ни доверительным, ни толерантным интервалам, указанным в международных и национальных стандартах по статистическим методам, не соответствуют;
- при калибровке вопросы оценивания достоверности получаемых результатов вызывают у специалистов ряд трудностей, связанных с применением вероятностно-статистических методов, а подчас и вообще остаются вне поля их зрения.

Одной из причин сложившейся ситуации является некорректная постановка собственно измерительной задачи калибровки средств измерений и неполнота методов ее решения.

Доклад посвящен методике калибровки средства измерений с точки зрения композиционного подхода к оцениванию точности результатов решения измерительных задач.

ОЦІНКА ПОХИБОК ДИНАМІЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Лейт Ахмед Мустафа Аль Равашдех, Руженцев І. В.
Харків, Україна

Keywords: moving objects parameters, neuron net simulation, dynamical systems, neuron net learning, measurement accuracy, reduced error, Kalman filter.

Ключові слова: моделювання нейронних мереж, динамічні системи, нейромережеві навчання, точність вимірювання, наведена похибка, алгоритм Калмана.

Анотація

У вимірювальній системі важливою є задача визначення параметрів сигналу з тим, щоб знайти похибку. У нейронних мережах класична модель нейрона включає до себе адаптивний суматор та нелінійний перетворювач. Вихід одних нейронів є входом для інших. Тоді, знаючи похибку одного нейрона, можна визначити похибку всієї мережі.

У більшості архітектур нейронних мереж використовується класична модель нейрона, що складається з адаптивного суматора і нелінійного перетворювача. Нейрони використовуються як «будівельні блоки» нейронної мережі. Виходи одних нейронів (можливо, затримані на кілька відліків) є входами для інших. Таким чином, маючи спосіб визначення похибки одного нейрона, можна досить легко обчислити похибку мережі в цілому.

Будемо вважати, що похибки є незалежними величинами з нормальним розподілом, що характеризується нульовим середнім значенням і дисперсією σ_i . Знайдемо співвідношення між дисперсіями похибок вхідних сигналів нейрона і похибкою його вихідного сигналу.

Вхідні сигнали будь-якого нейрона мережі x_i знаходяться в діапазоні $[-1; 1]$. Це досягається масштабуванням вхідних сигналів для першого шару мережі й застосуванням відповідних активаційних функцій для нейронів інших шарів.

Значення вагових коефіцієнтів визначається в процесі навчання, тобто різні алгоритми навчання приведуть до різних вагових коефіцієнтів. Відповідно будуть змінюватися значення оцінки похибок. У випадку алгоритма Калмана вагові коефіцієнти вибиралися в діапазоні $[-1, 1]$. При цьому забезпечувався більш компактний діапазон для вагових коефіцієнтів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ АНТЕННИХ ВИМІРЮВАНЬ

Макаров О. В., Васильєва О. М.
Харків, Україна

Keywords: uncertainly, antenna measurements, horn antenna.

Ключові слова: невизначеність, антенні вимірювання, рупорна антена.

Анотація

Під час проведення перевірки (калібрування) антен при реалізації методів дальньої зони невизначеність результатів вимірювань формується багатьма складовими, а саме невизначеністю метрологічних характеристик еталонної антени, невизначеністю розузгодженості трактів, невизначеністю, викликану перебудиттям, невизначеністю формування хвильового фронту, невизначеністю засобів вимірювальної техніки, що застосовуються при повірці (калібруванні) та ін.

У науковому центрі електромагнітних вимірювань ННЦ «Інститут метрології» було створено експериментальне робоче місце з визначення метрологічних характеристик рупорних антен у неекранованому приміщенні. Метрологічні характеристики антен, а саме коефіцієнт посилення, визначаються за допомогою еталонної антени та векторного аналізатора ланцюгів, а також розрахунку радіолінії.

Показано, що метод визначення метрологічних характеристик рупорних антен за допомогою еталонної антени та векторного аналізатора ланцюгів у неекранованому приміщенні дозволяє отримати значення невизначеності результатів вимірювань, які відповідають точності встановлення параметрів антен, що зазначена нормативною документацією.

Малецкая О. Е.
Харьков, Украина

Keywords: measurements, tests, reliability of results, measuring instruments, calibration, measurement techniques, technical regulation.

Ключевые слова: измерения, испытания, достоверность результатов, средства измерительной техники, калибровка, методики измерений, техническое регулирование.

Аннотация

Европейская система технического регулирования предусматривает для получения достоверных результатов испытаний или калибровок реализацию в лабораториях метрологических требований в соответствии с ISO/IEC 17025:2017 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories». В этой редакции стандарта метрологические требования значительно уточнены по сравнению с предыдущей редакцией 2005 г. Поставлена главная цель – достоверность результатов.

Требования к оборудованию разграничивают понятия «измерительное оборудование» и «испытательное оборудование». Это дает возможность применять термин «калибровка» в соответствии с его определением, т.е. исключительно к измерительному оборудованию. При этом для испытательного оборудования используется термин «проверка», который предусматривает проверку испытательного оборудования на соответствие установленным к нему требованиям.

Следующее уточненное метрологическое требование рассматриваемого стандарта – «оборудование, которое используется для измерения, должно обеспечивать точность измерения и/или неопределенность измерения, которые необходимы для обеспечения достоверности результата». А это следует понимать так: признано, что правильность применения измерительного оборудования обеспечивается не только неопределенностью измерений при его калибровке, но и его погрешностью. Этот вывод необходимо сделать на основании применения термина «точность», которая является качественной оценкой, а количественно для средств измерительной техники характеризуется максимально допустимой погрешностью или классом точности. Во многих международных стандартах акцентируется внимание на риске превышения максимально допустимой погрешности измерительного оборудования при обеспечении достоверности результатов. Уточнен термин «прослеживаемость», именно как метрологическая прослеживаемость полученных результатов, и приведена дополнительная информация о метрологической прослеживаемости, которая является важной концепцией для обеспечения сопоставимости

результатов измерений как на национальном, так и на международном уровне. Значительно расширены и уточнены требования к применяемым в лабораториях методикам. Например, указано, что рабочие характеристики методики, оцениваемой для предполагаемого использования, должны соответствовать потребностям заказчика и быть согласованы с установленными требованиями. При этом рабочие характеристики «могут включать в себя, но не ограничиваться этим, диапазон измерений, точность, неопределенность измерений результатов, предел обнаружения, предел количественного определения, избирательность метода, отклонение от линейности, повторяемость или воспроизводимость, устойчивость к внешним воздействиям или чувствительность к взаимному влиянию в матрице проб или испытываемом объекте, погрешность». Требование к обязательности оценивания неопределенности измерений определено так: «там, где это применимо». Положительным моментом в этой редакции стандарта является четкое разграничение применимости терминов «верификация» и «валидация» к методикам измерения. Таким образом, можно сделать вывод, что редакция ISO/IEC 17025:2017 уточнила и конкретизировала метрологические требования, которые должны быть реализованы в лабораториях. Это привело к гармонизации этого стандарта с другими действующими международными стандартами, что устранило много несоответствий и неправильных трактовок на практике.

КАЛИБРОВКА ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕР ЧАСТОТЫ

Мещеряк О. О., Величко О. Н., Шевкун С. Н., Добролюбова М. В.
Киев, Украина

Keywords: calibration, standards of frequency, measurement model.
Ключевые слова: калибровка, меры частоты, модель измерений.

Аннотация

Развитие современного общества невозможно без высокоточных измерений времени и частоты. Синхронизация самых разнообразных устройств, применяемых в оборонной сфере, авиации, космонавтике, энергетических системах, телекоммуникациях, невыполнима без высокостабильных мер частоты.

Целью исследований является создание метода (модели) калибровки прецизионных рубидиевых мер частоты точностью $1 \cdot 10^{-12}$ с помощью компаратора Ч7-308А/1 (компаратор) и вторичного эталона единиц времени и частоты (эталон). Метод (модель) калибровки прецизионных мер частоты предполагает использование программного обеспечения (ПО), что сокращает время исследования. Исходными данными для всех вычислительных функций ПО есть сигналы оцифрованной разности фаз Δt_{yx} , которые в режиме реального времени подаются с компаратора на компьютер. Формулы (1) – (5) приведены в соответствии с Инструкцией по эксплуатации компаратора частотного Ч7-308А/1, где f_y – частота исследуемого сигнала; f_x – частота опорного сигнала, подаваемого на компаратор от эталона.

С помощью ПО вычисляется:

1) приращение разности фаз для сигналов (с учетом K – установленного коэффициента умножения флуктуаций частоты):

$$\Delta_{yx,i} = \frac{1}{K} t_{yx,i}, \tag{1}$$

где i – номер промежуточного отсчета (из N выполненных отсчетов);

2) относительная разность частот y для сигналов, измеренная на интервале $\tau = M$ секунд:

$$y_{yx,i}^M = \frac{f_{y,i}^M - f_{x,i}^M}{f_0} = \frac{1}{\tau} (\Delta_{yx,M(i+1)} - \Delta_{yx,Mi}). \tag{2}$$

Соотношение (2) является исходным для вычисления при помощи ПО средней за время наблюдения ($N \cdot \tau$) разности частот сигналов в канале компаратора. Верхний индекс M дальше опущен, учитывая то, что отклонения частоты измерены на интервале M секунд.

3) Вариация частоты для сигналов:

$$\sigma_{yx,i} = y_{yx,i+1} - y_{yx,i}, \tag{3}$$

где индекс y обозначает измеряемый сигнал в канале компаратора, x – опорный сигнал. Данные вариации используются для вычисления дисперсий флуктуаций частоты.

Средняя относительная разность частот для каждого канала компаратора вычисляется с помощью ПО через усреднение N последовательных значений относительных отклонений

$$E(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i(\tau), \tag{4}$$

где $y_i(\tau)$ – относительные разности частот для пар сигналов, измеренные на интервале $\tau = M$ секунд (миллисекунд) y_{yx}^M, i , вычисленные по формуле (3).

Среднее относительное отклонение результата измерений частоты определяется с помощью ПО путем среднеквадратичного усреднения N последовательных относительных разниц частот относительно среднего значения:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N-1} (y_i(\tau) - E(y))^2}. \tag{5}$$

Модель измерений при калибровке имеет вид:

$$\delta f_x = \delta \bar{f} + \delta f_S + \delta f_{S_y} + \delta f_{SD} + \delta f_t, \tag{6}$$

где δf_x – неизвестное действительное относительное отклонение частоты меры калиброванного; $\delta \bar{f}$ – среднее значение относительного отклонения частоты, измеренное эталонным компаратором; $\delta f_S, \delta f_{S_y}, \delta f_{SD}, \delta f_t$ – поправки на отклонение показаний эталона, дрейф эталона с момента его последней калибровки, дискретность показаний компаратора и влияние окружающей среды соответственно.

Данный метод (модель) калибровки может использоваться в любой калибровочной лаборатории, при этом могут применяться и другие эталоны, в зависимости от требуемой точности измерений.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ ПО ОЦЕНИВАНИЮ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Миранович-Качур С. А., Ефремова Н. Ю., Гайдук М. В.
Минск, Республика Беларусь

Keywords: measurement uncertainty, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement Monte-Carlo method, empirical approaches, Bayesian probabilistic approach.

Ключевые слова: неопределенность измерений, Руководство по выражению неопределенности измерений, метод Монте-Карло, эмпирические подходы, Байесовский вероятностный подход.

Аннотация

Обеспечение качества выполняемых измерений является одной из первоочередных задач каждой лаборатории. В настоящее время, говоря о качестве измерений в количественном выражении, подразумевают неопределенность измерений.

Понятие «неопределенность измерений» в виде термина зафиксировано на международном уровне в словаре VIM. Главная концепция, позволяющая понять и оценить неопределенность измерений, представлена в Руководстве по выражению неопределенности измерения (GUM). Однако на сегодняшний день существуют и другие подходы к оцениванию неопределенности измерений.

Подход к оцениванию неопределенности измерений по GUM основан на обязательном составлении математической модели (как правило, линейной или линеаризуемой) процесса измерения и расчете стандартной неопределенности измеряемой величины на основании закона трансформирования неопределенностей. По причине широкого распространения и методологического удобства применения подход по GUM часто называют «классическим».

Первое Дополнение к GUM (GUM-S1) описывает способ на основании численного моделирования методом Монте-Карло, расширяет область применения методологии GUM и позволяет ее применять для любых моделей измерений, в том числе асимметричных распределений выходной величины. Залогом успешного применения метода Монте-Карло является наличие специального программного обеспечения.

«Эмпирические подходы» основаны на исследованиях показателей точности методики измерений в целом, которые одновременно включают вклады от как можно большего количества значимых источников неопределенности, и оперируют данными, полученными при валидации метода измерений, внутрилабораторном контроле качества измерений, межлабораторных

сличениях, проверках квалификации лабораторий. «Эмпирические подходы» используются в основном в аналитической химии, экологии, микробиологии, медицине, где зачастую сложно напрямую и в полном объеме применить подход GUM.

Смешанные подходы используют как элементы подхода моделирования, так и данные эмпирического исследования некоторых влияющих величин, и представлены в Руководстве ЕВРАХИМ/СИТАК. Этот документ полностью основан на методологии GUM, но в нем учитываются нюансы, присущие только аналитической практике, такие как, например, применение стандартных образцов, получение и использование данных по валидации метода измерений. Здесь также уже кратко рассматривается метод Монте-Карло.

Проект пересмотренного, но не принятого GUM был полностью основан на Байесовском вероятностном подходе, что привело к изменению способа оценивания стандартных неопределенностей для таких входных величин, для которых были получены наборы статистических данных. В нем также уделялось внимание построению робастных и несимметричных интервалов охвата для измеряемых величин.

Перечисленные выше подходы к оцениванию неопределенности измерений авторы доклада применили к различным методам измерений из области аналитической химии (гравиметрический, титриметрический, спектрофотометрический, хроматографический), был выполнен сравнительный анализ полученных оценок неопределенности, рассмотрены особенности использования подходов на практике. Как правило, методы по GUM, GUM-S1 и проекту пересмотренного GUM приводят к получению достаточно близких значений неопределенности измерений для одного и того же метода измерений. Исключение составляют случаи измерений величин вблизи их физических пределов, где метод Монте-Карло лучше согласуется с реальным физическим диапазоном значений измеряемой величины. Однако различие между значениями неопределенности измерений, полученными методами моделирования и эмпирическими подходами, в большинстве рассмотренных случаев существенно и может достигать более 50 %, что обусловлено сложностью в реализации подхода моделирования в области аналитической химии и, как правило, недооценке неопределенности измерений. Применение для оценивания неопределенности измерений, полученных при внутрилабораторной валидации показателей точности методов измерений, позволяет повысить достоверность оценок неопределенности измерений.

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ «СФЕРЫ АККРЕДИТАЦИИ» КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Новосёлов О. А.
Кривой Рог, Украина

Keywords: calibration laboratory, accreditation, measurement uncertainty.

Ключевые слова: калибровочная лаборатория, аккредитация, неопределенность измерений.

Аннотация

Одним из существенных критериев, характеризующих калибровочные и измерительные возможности (Calibration and Measurement Capability – СМС) калибровочной лаборатории (КЛ), аккредитованной Национальным агентством по аккредитации Украины (НААУ) на соответствие требованиям стандарта ДСТУ ISO/IEC 17025, является наименьшая достигаемая неопределенность измерений.

В инструкции НААУ ИИ-08.02.05 (редакция 2) «Формування сфери акредитації калібрувальної лабораторії» дана общая последовательность действий для КЛ по оценке своих калибровочных возможностей и приведена форма «Сферы аккредитации», в которой имеется колонка 5 «Метрологические характеристики», где должны быть прописаны среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности, класс точности, границы абсолютной и относительной погрешностей, неисключенная составляющая систематической погрешности и известная или рассчитанная расширенная неопределенность измерений.

Перечисленные метрологические термины относятся как к средствам измерительной техники (СИТ), так и к результату измерения, хотя данные, содержащиеся в колонке 5, должны указывать заказчикам услуг по калибровке СИТ информацию о нормируемых метрологических характеристиках именно калибруемого СИТ. Стоит отметить, что в форме «Сфер аккредитаций» европейских аккредитованных КЛ отсутствует колонка для указания метрологических характеристик калибруемых СИТ. Указание метрологических характеристик калибруемых СИТ в «Сфере аккредитации» не совсем уместно в плане того, что КЛ не может знать метрологические характеристики всех СИТ, которые декларируют их изготовители. Поэтому, заполняя колонку 5 «Метрологические характеристики» согласно инструкции НААУ, КЛ ограничивает свои возможности, так как формально не имеет права выполнять калибровку тех СИТ, у которых нормируемые метрологические характеристики отличаются от заявленных в «Сфере аккредитации».

При оценивании наименьших достигаемых неопределенностей измерений КЛ

есть ряд особенностей по сравнению с оценкой неопределенности измерений при калибровке СИТ. К тому же метод калибровки при оценке наименьшей достигаемой неопределенности измерений и при повседневных калибровках СИТ должен быть один и тот же, также эта оценка должна производиться только согласно методике калибровки.

В докладе рассмотрен конкретный пример оценивания наименьшей достигаемой неопределенности измерений КЛ при калибровке цифрового штангенциркуля, определены и оценены источники неопределенности измерений, составлен бюджет неопределенности.

Полученное значение наименьшей достигаемой неопределенности измерений корреспондируется с заявленными СМС европейских аккредитованных КЛ по калибровке штангенциркуля.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Папченко В. Ю., Чунихина Т. В., Григорова Л. И, Матвеева Т. В.
Харьков, Украина

Keywords: sunflower oil, quality and safety indicators, physical and chemical methods, measurement uncertainty.

Ключевые слова: подсолнечное масло, показатели качества и безопасности, физико-химические методы, неопределенность измерения.

Аннотация

Подсолнечное масло – растительное масло, которое во многих странах мира используется для приготовления пищи, а также при производстве маргариновой продукции, майонезов, майонезных соусов и т.д.

В настоящее время Украина является лидером среди мировых стран-экспортеров подсолнечного масла. Но не так давно, в 1999 г., в Украине перерабатывалось всего 50 % урожая семян масличных культур и производилось около 500 тыс. тонн растительных масел. За период с 1999 г. до 2017 г. производство подсолнечного масла в Украине выросло более чем в 12 раз, а объемы экспорта – почти в 24 раза. На экспорт, в основном, поставляется нерафинированное подсолнечное масло высшего и первого сортов, что составляет 92–95 % от общего объема экспорта Украины подсолнечного масла.

Основные требования, которые предъявляет покупатель к маслу, – это требования к показателям безопасности. К ним относятся, в первую очередь, показатели гидролитической и окислительной порчи – кислотное число, перекисное число, анизидиновое число, а также содержание бенз(а)пирена, минерального масла, тяжелых металлов, пестицидов и микотоксинов. Особое внимание обращается на требования к содержанию фосфорсодержащих веществ, так как этот показатель является ценообразующим.

На масло подсолнечное в Украине распространяется действие ДСТУ 4492:2005 «Масло подсолнечное. Технические условия».

В рамках данной работы было проведено исследование масла подсолнечного нерафинированного невымороженного с использованием физико-химических методов анализа. Для этого вида продукции были определены следующие физико-химические показатели качества и безопасности: массовая доля влаги и летучих веществ, %; массовая доля фосфорсодержащих веществ, % (в пересчете на стеароолеолецитин); кислотное число, мг КОН/г; доля остаточных количеств хлорорганических пестицидов в жировых продуктах методом газожидкостной хроматографии, мг/кг; перекисное число, 1/20 ммоль/кг.

Измерения контролируемых параметров проводились в нормальных условиях, то есть дополнительные погрешности отсутствовали. Результаты многократных измерений были использованы для расчета неопределенности типа А, паспортные данные приборов – для неопределенности типа В. Для каждого из рассмотренных показателей качества масла была рассчитана расширенная неопределенность измерения.

УМЕНЬШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ИХ ОЦЕНКЕ СООТВЕТСТВИЯ

Петришин И. С., Бас А. А., Присяжнюк Л. А.
Ивано-Франковск, Украина

Keywords: calibration online, conformity assessment, uncertainty measurement, national standard.

Ключевые слова: калибровка онлайн, оценка соответствия, неопределенность измерений, государственный эталон.

Аннотация

Ведущие страны мира переступили порог и активно двигаются в пространстве четвертой промышленной революции, которую сейчас идентифицируют как Industry 4.0. Основной принцип новообразованной концепции – переход от общего к индивидуальному, то есть перед производителями ставится цель максимального удовлетворения индивидуального потребителя путем предоставления ему возможности выбора. Проведя параллели с отраслью метрологии, можно утверждать, что по аналогии будущая Метрология 4.0 должна развиваться в рамках проведения так называемой, по предложению авторов, калибровки онлайн. Под термином «калибровка онлайн» подразумевается проведение калибровки в режиме реального времени непосредственно по месту эксплуатации приборов с учетом условий, в которых они производят измерения.

Типичного потребителя в перспективе перестанут удовлетворять законодательно установленные рамки в виде максимально допустимых погрешностей, установленных для процедуры поверки и удостоверяющих исключительно пригодность / непригодность прибора. Сознательный потребитель будет уверен, что его прибор пригоден к применению, однако он будет стремиться провести калибровку онлайн своих коммерческих средств измерительной техники с целью установить реальное значение калибровочной характеристики и иметь возможность вносить поправки в технологические процессы с целью оптимизации и экономии потребления энергоресурсов. Таким образом, в сфере метрологического обеспечения необходимо проводить опережающие разработки новых методов, методик измерений и устоявшихся практик проведения калибровки онлайн средств измерительной техники с расчетом реального значения неопределенности измерения.

Одним из ключевых направлений дальнейшего развития должна служить оценка соответствия, в частности, автоматизированных систем учета

энергоносителей. В данном случае система состоит из нескольких отдельных средств измерительной техники, измерительных каналов и вычислительного компонента, и при оценке соответствия проводится суммарная оценка максимально допустимой погрешности системы в целом с учетом диапазонов значений всех влияющих факторов, регламентируемых методикой измерений. То есть конкретный потребитель должен усматривать большую перспективу проведения калибровки онлайн всех отдельных составляющих автоматизированной системы с целью выявления наиболее неблагоприятных режимов работы или наиболее влияющих факторов. Фактически, потребитель должен стремиться получить средства с калибровочными характеристиками, которые описываются полиномом не выше второго порядка, минимизированным разбросом случайной составляющей неопределенности (по типу А) и минимально возможной расширенной неопределенностью, которая существенно будет зависеть от эталонных средств, с помощью которых проводилась калибровка онлайн.

Как пример, с этой целью при оценке соответствия возможно использовать созданный в ГП «Ивано-Франковскстандартметрология» государственный первичный эталон единиц объема и объемного расхода газа на газовой среде при давлении до 1,6 МПа, который состоит из двух отдельных установок. Первая представляет собой звено воспроизведения единиц объема и объемного расхода газа с помощью поршневой установки, а вторая, выполненная как мобильный модуль, представляет собой установку с эталонными счетчиками, с использованием которой проводится передача указанных единиц через цепь калибровки к рабочим средствам измерений. По принципу действия установку с эталонными счетчиками можно использовать для проведения калибровки онлайн при оценке соответствия автоматизированных систем учета природного газа, в части определения калибровочных характеристик счетчиков газа, согласно методике измерений, непосредственно на месте установки системы с максимально возможной точностью, то есть с минимальной неопределенностью измерений. Кроме того, что касается датчиков измерения давления и температуры, для них также нужно делать калибровку онлайн с использованием калибратора давления и термостата. Следует отметить, что некоторые организации, например ПАТ «Укртрансгаз», регулярно проводят калибровку онлайн каналов измерения давления и температуры на автоматизированных системах учета природного газа. Таким образом, потребитель может быть уверен, что для его системы проведена калибровка онлайн в реальных условиях эксплуатации, с учетом подавляющего большинства влияющих факторов.

С учетом того, что в ближайшем будущем автоматизированные системы будут использоваться для учета природного газа в единицах энергии, соответственно необходимо разработать мобильный эталон для проведения калибровки онлайн средств измерения теплоты сгорания природного газа, к примеру, переносной газовой калориметр, разработка которого осуществляется с участием авторов.

ABOUT UNCERTAINTY EVALUATION WHILE MEASUREMENT THE DEVIATION OF THE FORM OF MACHINERY

ОБ ОЦЕНКЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Радев Х. К, Богев В. И., Василев В. А.
София, Болгария

Keywords: uncertainty, geometric elements, deviation of shape.

Ключевые слова: неопределенность, геометрические элементы, отклонение формы.

Аннотация

Рассматриваются отклонения формы плоских и ротационных поверхностей машиностроительных деталей в соответствии с ISO 1101:2017.

Оценивание отклонения формы сводится к определению разницы между положением двух экстремальных точек выявленного элемента до ассоциированного элемента, а неопределенность отклонения формы определяется неопределенностью положения этих двух экстремальных точек. Анализируется три основные группы факторов, формирующих неопределенность измерения, соответственно, три группы составляющих, а именно: неопределенность, связанная с реализацией выявленного элемента, неопределенность, связанная с построением ассоциированного элемента и неопределенность, связанная с объектом измерения.

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT OF THE DEVIATION OF THE FORM OF PLANE SURFACES BY THE METHOD OF THE REFERENCE PLANE

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ

Радев Х. К., Дяков Д. И., Николова Х. Н., Василев В. А.
София, Болгария

Keywords: method of the reference surface, measurement uncertainty, shape deviation.

Ключевые слова: метод опорной поверхности, неопределенность измерения, отклонения формы.

Аннотация

Рассматриваются вопросы оценки неопределенности измерения отклонения формы плоских поверхностей ответственных крупногабаритных деталей методом опорной поверхности.

Анализируются источники неопределенности при реализации различных схем измерения этим методом.

Приводятся результаты экспериментальных исследований точности мультисенсорной измерительной системы, разработанной для оценки топографии плоских поверхностей механических элементов ускорителей элементарных частиц.

INFLUENCE OF UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS ON THE RISKS OF THE MANUFACTURER AND CONSUMER WITH A TWO-FACTORING CONTROL-MEASURING PROCEDURE

ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ НА РИЗИКИ ВИРОБНИКА І СПОЖИВАЧА ПРИ ДВОФАКТОРНІЙ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ПРОЦЕДУРІ

Ружин П. О., Пацера С. Т., Дербабя В. А., Корсун В. І.
Дніпро, Україна

Keywords: uncertainty of measurements, admission control, risk, manufacturer, consumer.

Ключові слова: невизначеність вимірювань, допускний контроль, ризик, виробник, споживач.

Анотація

Проблема визначення допустимого рівня невизначеності вимірювань, що оцінюється складовими по типу В, при допусковому контролі виробів машинобудування залишається актуальною. Теоретичні аспекти цієї проблеми детально розглянуто в роботах Н.А. Рубічева і В.Д. Фрумкіна в загальному вигляді на основі інтегральних методів теорії похибок. Однак спроби конкретизувати відомі теоретичні моделі стосовно виробів машинобудування наштовхуються на суттєві методологічні складнощі.

Аналіз останніх публікацій показав, що згадані складнощі успішно долаються шляхом застосування імітаційно-статистичного моделювання контрольно-вимірювальних процедур. Для використання такого підходу потрібна розробка алгоритмічних моделей.

Розроблено алгоритмічну модель двофакторного пасивного допускного контролю зубчастого вінця евольвентного профілю для випадку контролю на відповідність нормативам кінематичної точності за показниками радіального биття і коливань довжини загальної нормалі.

Проведено комп'ютерні експерименти й отримано залежності відсотків неправильно забракованих і неправильно прийнятих деталей, а також ризиків виробника і споживача від рівня невизначеності вимірювань, що оцінюється складовими по типу В.

Аналіз отриманих залежностей показав, що при двофакторній контрольно-вимірювальній процедурі вимоги до точності засобів вимірювань у порівнянні з однофакторним варіантом зростають на порядок.

Подальші роботи будуть спрямовані на автоматизацію досліджень.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМ-МНОЖЕСТВА ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Семенюк Р. С.
Киев, Украина

Keywords: term set, linguistic variable, uncertainty of measurement

Ключевые слова: терм-множество, лингвистическая переменная, неопределенность измерений.

Аннотация

В измерительных системах, работающих вместе с системами принятия решений по правилам нечеткой логики, результаты измерений используются для формирования лингвистической переменной. В этом случае диапазон измерения или универсальное множество соответствует области определения лингвистической переменной, а неопределенность измерения используется для формирования терм-множества, то есть совокупности термов лингвистической переменной, связанных семантическими правилами, устанавливающими соответствие между каждым термом и нечетким подмножеством универсального множества. Этот переход особенно актуален для технических измерений, которые имеют низкую точность.

Первым этапом является определение количества термов множества, то есть градаций новой вербально-числовой шкалы. Для решения этой задачи можно использовать информационный подход, где количество информации, полученной в результате измерения I , равно разности между исходной $H(X)$ и остаточной энтропией $H(X/X_n)$, т.е. $I = H(X) - H(X/X_n) = \ln \frac{X_2 - X_1}{2\Delta} = \ln N$,

где число N указывает, сколько интервалов неопределенности длиной $d=2\cdot\Delta$ откладывается в диапазоне измерения $X_2 - X_1$. Авторы работы «Оценка погрешностей результатов измерений» (Новицкий П.В., Зограф И.А.) предложили называть N числом градаций, которые распознаются, а d – энтропийным интервалом неопределенности результата измерения. Для нормального распределения погрешности измерения со средним квадратическим отклонением σ и равномерным распределением вероятности различных значений измеряемой величины в диапазоне измерения $N = (X_2 - X_1)/(4,133 \cdot \sigma)$, для равномерного распределения погрешности в интервале $\pm\Delta_n$ количество различных градаций равно $N = (X_2 - X_1)/2 \cdot \Delta_n$.

Переход от числовых результатов измерения к термам лингвистической переменной был использован в измерителе уровня мусора подземной урны. Измерению подлежало расстояние от верхней точки урны до уровня насыпи мусора. Длина незаполненной урны составляла $X_2 = 2400$ мм,

а $X_1 = 10$ мм. Общая погрешность измерения для серого цвета мусора состояла из относительной мультипликативной погрешности $\delta = \pm 12\%$ и сводной аддитивной погрешности от формы насыпи $\gamma = \pm 2\%$. Если воспользоваться значением среднего квадратического отклонения в конце диапазона измерения (где стандартная неопределенность измерения будет максимальной), N равно пяти градациям, которые получили названия $T_1 =$ «урна немного заполнена», $T_2 =$ «урна заполнена меньше чем наполовину», $T_3 =$ «урна заполнена наполовину», $T_4 =$ «урна заполнена более чем наполовину», $T_5 =$ «урна заполнена». Трапециевидная форма функций принадлежности отдельных термов определяется границами подмножеств и расширенной неопределенностью измерения, соответствующей сечению терм-множеств.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ
ГАЗУ ЗА МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

Середюк О. Є., Лютенко Т. В., Винничук А. Г.
Івано-Франківськ, Україна

Keywords: household gas meter, uncertainty, statistically calculation method, natural gas.

Ключові слова: побутовий лічильник газу, невизначеність, статистично-розрахунковий метод, природний газ.

Анотація

Запропоновано новий концептуальний підхід для визначення похибки побутових лічильників газу (ПЛГ) при функціонуванні на максимальній робочій витраті. Він полягає у експериментальному визначенні похибки ПЛГ на мінімальній витраті q_{\min} (нормована витрата 1) і на витраті 20 % від максимальної робочої (витрата 2), а похибку ПЛГ за максимальної витрати q_{\max} (витрата 3) визначають статистично-розрахунковим методом. Тому необхідно оцінити невизначеність метрологічної характеристики при роботі ПЛГ за максимальної витрати.

Невизначеність при роботі ПЛГ за максимальної витрати базується на розрахунку узагальненого приросту зміни похибки ПЛГ для її обчислення на максимальній витраті з урахуванням усіх вибраних і експериментально оцінених діапазонів зміни похибки при мінімальній витраті q_{\min} , що конкретизується для одного типорозміру і одного виробника ПЛГ.

Оцінювання стандартної невизначеності результату визначення похибки ПЛГ за максимальної витрати здійснюється за формулою:

$$U_c = \sqrt{(U_e)_B^2 + (U_{q2}^j)_A^2 + (U_{\Delta\delta 23})_A^2},$$

де U_c – стандартна невизначеність статистично-розрахункового методу визначення похибки ПЛГ за максимальної витрати; $(U_e)_B$ – невизначеність типу В, яка характеризує еталонну установку, за допомогою якої визначається похибка ПЛГ на витратах q_{\min} і $0,2q_{\max}$; $(U_{q2}^j)_A$ – максимальне значення невизначеності типу А, яка визначається середнім квадратичним відхиленням середнього значення похибки ПЛГ за витрати $0,2q_{\max}$ з урахуванням усіх j -их діапазонів зміни похибки при q_{\min} ; $(U_{\Delta\delta 23})_A$ – невизначеність типу А, яка визначається середнім квадратичним відхиленням статистично встановленої зміни середнього значення приросту похибки ПЛГ на витраті q_{\max} (витрата 3) порівняно з похибкою при витраті $0,2q_{\max}$ (витрата 2).

РОЗРАХУНОК ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДОДАТКОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ
ЧУТЛИВОСТІ ПРИ СКЛАДАННІ БЮДЖЕТУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Склярів В. В.
Харків, Україна

Keywords: uncertainty, sensitivity coefficients, simulation of measurement, model equation.

Ключові слова: невизначеність, коефіцієнти чутливості, моделювання вимірювання, модельне рівняння.

Анотація

Невизначеність вимірювань є важливим елементом результату вимірювання. Складовою частиною бюджету невизначеності є коефіцієнти чутливості, що входять до рівняння вимірювання та є відношенням зміни вимірюваних значень до зміни кожного з параметрів, що входять до рівняння вимірювання. Використання програмного забезпечення в системах вимірювання та моделювання вимірювальних процесів дозволяє враховувати та аналізувати усі можливі з існуючих факторів впливу на результат вимірювань, проводити модельні дослідження, відкидати чинники, що мають мінімальний вплив, та навпаки, більш детально аналізувати ті, що мають максимальний вплив на розширену невизначеність.

Метою роботи є дослідження впливу додаткових коефіцієнтів чутливості, що входять до бюджету невизначеності результату вимірювання. На прикладі моделювання процесу вимірювання твердості на шкалою Роквелла розглянуто підхід уточнення модельного рівняння на основі включення додаткових вхідних величин.

EVALUATION OF UNCERTAINTY MEASUREMENTS IN INTERNATIONAL MEASUREMENTS OF MEASUREMENTS OF GEAR WHEELS OF INVOLUTE PROFILE

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СЛИЧЕНИЯХ ИЗМЕРЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ

Сковородкина Ю. Н.
Харьков, Украина

Keywords: gear wheel, gearing, coordinate measuring machine, comparisons, uncertainty.

Ключевые слова: зубчатое колесо, зацепление, координатно-измерительная машина, сличения, неопределенность.

Аннотация

Рассмотрены вопросы проведения дополнительных сличений измерений зубчатых колес с эвольвентным профилем при помощи координатно-измерительных машин (КИМ). Представлены результаты проведенных сличений.

В процессе проведения сличений проводилось оценивание неопределенности измерений при проведении международных сличений измерений зубчатых колес с эвольвентным профилем.

Также в процессе оценивания устанавливалось опорное значение дополнительных сличений, а затем проверялась согласованность данных сличений.

В соответствии с рекомендациями COOMET Project 673/UA-a/15: Involute Gear Standards, TechnicalProtocol_Gear Comp_COOMET.L-S18 (673UA-a15) согласованность результатов сличений определялась по критерию E_n . Рассматривается значение критерия E_n для национальных метрологических институтов, если не превышает 1, при доверительной вероятности 0,95, то данные такого НМИ будут признаны подтверждающими заявленные неопределенности.

В качестве практического применения проведенные сличения дают возможность для ННЦ «Институт метрологии» ввести в данные КСДВ дополнительные 4 строки по параметрам зубчатых колес, измеренных с применением КИМ. ННЦ «Институт метрологии» подтвердил заявленные калибровочные и измерительные возможности (СМС).

DETERMINATION OF CORRECTIONS FOR THE INSTABILITY OF MEASURING INSTRUMENTS (SI)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК НА НЕСТАБИЛЬНОСТЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ (СИ)

Спутнова Д. В.
Пенза, Российская Федерация

Keywords: instability of measurements, measure, measuring instruments, drift speed, intervals between calibrations.

Ключевые слова: нестабильность измерений, мера, измерительные приборы, скорость дрейфа, интервалы между калибровками.

Аннотация

Одной из актуальных задач, решаемых специалистами и руководителями метрологических служб, является обеспечение прослеживаемости результатов измерений, применяя калибровку СИ и введение различных поправок к их показаниям, в том числе поправок на нестабильность.

Оценка нестабильности представляет собой достаточно сложную двухэтапную задачу: в течение первого достаточно продолжительного этапа, связанного с экспериментальными исследованиями, оценивают нестабильность СИ, а на втором – подбирают модель, адекватно описывающую нестабильность СИ, в соответствии с которой могут быть оценены значения поправки для конкретного экземпляра СИ.

Цель статьи – подобрать модель, с помощью которой могут быть оценены значения поправок на нестабильность калибруемых экземпляров СИ.

Для аналитического описания нестабильности СИ были использованы следующие 5 моделей, исследуемых в работе:

- средняя скорость дрейфа, усредненная по нескольким отсчетам в соответствии с рекомендациями РМГ 74-2004, РМГ 115-2011, COOMET R/GM/32:2017;
- средняя скорость дрейфа, оцененная методом наименьших квадратов (МНК);
- средняя скорость дрейфа, оцененная методами простой (SMA), взвешенной (WMA) или экспоненциальной (EMA) скользящей средней.

Представлены критерии выбора моделей, с помощью которых могут быть оценены значения поправок на нестабильность средств измерений.

В результате получены оценки средней скорости дрейфа погрешности мер и прогноз с применением рассмотренных выше моделей описания нестабильности, выбранных для исследования СИ.

Был сделан вывод, что наиболее приемлемый прогноз обеспечивает использование модели экспоненциальной (EMA) и взвешенной (WMA) скользящих средних.

EVALUATING THE UNCERTAINTY OF THE RESULTS OF METROLOGICAL CERTIFICATION OF FIELD REFERENCE STANDARD BY GNSS TECHNOLOGY

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕТРОЛОГІЧНИХ АТЕСТАЦІЙ ПОЛЬОВИХ ЕТАЛОНІВ ТЕХНОЛОГІЄЮ ГНСС

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

Keywords: evaluating the uncertainty, field reference standard, GNSS technologies.
Ключові слова: невизначеність, польові еталони, ГНСС-технологія.

Анотація

Польовими еталонами в Інституті геодезії Національного університету «Львівська політехніка» є еталонний лінійний базис (ЕЛБ) і фундаментальна геодезична мережа (ФГМ). Ці еталонні об'єкти сертифіковані Національним науковим центром «Інститут метрології» як еталони першого розряду. ЕЛБ використовується для перевірок світловіддалемірів, електронних тахеометрів і ГНСС-приймачів, а ФГМ – для тестування ГНСС-приймачів і для контролю методики визначення перевищень (відносних висот) з опрацювання ГНСС-спостережень або за результатами ГНСС-нівелювання.

На ЕЛБ і ФГМ періодично або щорічно здійснюється метрологічна атестація. На ЕЛБ вимірювання виконуються точними електронними тахеометрами і сесіями ГНСС-спостережень тривалістю від 12 год до однієї доби. Метрологічна атестація ФГМ здійснюється кампаніями ГНСС-спостережень тривалістю 3–5 діб.

З аналізу вимірювань на ЕЛБ і ФГМ отримані оцінки невизначеності.

UNCERTAINTY OF THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF ORIENTED POLYMERS EVALUATED IN A NON-EQUILIBRIUM STATE

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ, ОЦЕНЕННЫХ В НЕРАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Хакимов О. Ш., Даминов А. А., Курбанов Н. А., Юнусов М. Р., Носиров Ж. С.
Ташкент, Узбекистан

Keywords: model, acoustics, ultrasound, pulsed, oriented polymer, error, uncertainty.
Ключевые слова: модель, акустика, ультразвук, импульсный, ориентированный полимер, погрешность, неопределенность.

Аннотация

Акустические характеристики ориентированных полимеров (полимерных волокон, нитей, пленок), такие как скорость распространения c и коэффициент затухания α ультразвука (УЗ), как известно, определяются в основном их молекулярной структурой и термодинамическим состоянием и в большинстве случаев не могут быть вычислены теоретически. Поэтому большое внимание уделяется экспериментальному определению этих величин. Для этих целей используются различные методы измерения. Среди них наиболее распространенными являются импульсные ультразвуковые методы, которые реализованы различными схемами. Они различаются между собой числом точек возбуждения и приема УЗ (трех- и четырехточечные), а также числом излучателей и приемников УЗ (двух-, трех- и четырехдатчиковые).

Описаны математические модели методов и схем измерения коэффициента затухания и скорости распространения УЗ непосредственно в процессе деформирования полимерных волокон, а также представлены оценки неопределенности, основанные на этих моделях. Приведены оценки неопределенности экспериментальных результатов испытаний поликапроамидного волокна в процессе его нагружения и ползучести (скорость нагружения 0,4 м/с, частота УЗ $5 \cdot 10^4$ Гц, максимальная нагрузка 18 Н). Стандартная неопределенность измерения затухания УЗ этим методом – не более 0,1 Нп/м, а коэффициент вариации – 3–8 %.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ СЛИЧЕНИЙ КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Чуновкина А. Г.
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Keywords: calibration, measurement uncertainty, metrological traceability, reference value.

Ключевые слова: калибровка, неопределенность измерения, метрологическая прослеживаемость, опорное значение.

Аннотация

Участие в межлабораторных сличениях является необходимым требованием, предъявляемым к калибровочным лабораториям, при их аккредитации на соответствие ИСО 17025. Межлабораторные сличения основной целью имеют подтверждение неопределенностей измерений при выполнении рутинных калибровок в аккредитуемых лабораториях. С распространением аккредитации калибровочных лабораторий растет и число проводимых межлабораторных сличений, поэтому в настоящее время можно говорить об обобщении определенного опыта организации, проведения и оценивания результатов измерений в межлабораторных сличениях. Этот опыт показывает важность этапа планирования сличений, который позволяет наиболее эффективно организовать их и получить достоверные результаты, максимально соответствующие поставленной цели сличений.

В докладе обсуждаются, с одной стороны, задачи, стоящие перед провайдером сличений в части составления Протокола сличений, обеспечения прослеживаемости опорного значения сличений и т.д., обсуждается возможность привлечения референтных лабораторий к проведению сличений. А с другой стороны, рассматриваются задачи, стоящие на этапе подготовки к сличениям калибровочных лабораторий, связанные с калибровкой эталонов, разработкой и валидацией методик калибровки. Обсуждаются возможные недочеты на этапе планирования сличений и вызванные ими последствия/ограничения на этапе обработки данных, предоставляемых калибровочными лабораториями-участницами сличений.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ
ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

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

Keywords: thermoconductivity method, heat of combustion, thermal conduc.

Ключові слова: термокондуктометричний метод, теплота згоряння, теплопровідність.

Анотація

Для визначення теплоти згоряння природного газу (ТЗПГ) застосовують два основних методи: розрахунковий та експериментальний. Обидва методи визначення ТЗПГ потребують значних часових та вартісних витрат на проведення дослідження, унеможливають моніторинг теплоти згоряння безперервно (в режимі реального часу). Тому дослідження нових методів визначення складу газового середовища, зокрема, методів експрес-контролю ТЗПГ безпосередньо у споживачів, є актуальною науково-прикладною задачею. Нами запропоновано термокондуктометричний аналізатор, градування якого здійснюється експериментально. Для проведення експериментальних досліджень розроблено лабораторну установку із застосуванням у ній серійно виготовлюваного термокондуктометричного перетворювача.

На лабораторній установці проводилися експериментальні дослідження пристрою контролю з використанням природного газу з різною теплою згоряння. Для цього використовувався природний газ відомого складу за результатами його хроматографічного аналізу. Балон зі стиснутим природним газом під'єднували до лабораторного стенда через редуктор. Експерименти проводилися за температури в лабораторії 22–23 °С.

Апроксимація результатів експериментальних досліджень підтвердила практично лінійну залежність між вихідним та вхідним параметрами вимірювального пристрою, що на даному етапі досліджень дозволяє зробити висновок про принципову можливість використання термокондуктометричного методу для створення приладу експрес-контролю теплоти згоряння природного газу.

Для дослідження метрологічних характеристик запропонованого методу необхідно розробити метрологічну модель приладу контролю енергетичної цінності природного газу. Ця модель повинна містити основні складові його похибки та характер взаємозв'язків між ними.

Метрологічний аналіз термокондуктометричного пристрою контролю

проведемо з використанням концепції невизначеності у вимірюваннях. Для розрахунку стандартної невизначеності визначення енергетичної цінності природного газу при функціонуванні кондуктометричного пристрою контролю розроблено його метрологічну модель. До її складу входять: u_{BE} – стандартна невизначеність визначення енергетичної цінності природного газу; $u_{B(\Delta R)}$ – стандартна невизначеність визначення зміни теплового опору за робочих умов кондуктометричного вимірювача; $u_B(I)$, $u_B(d)$, $u_B(l)$, $u_B(\Delta T)$ – стандартні невизначеності вимірювання сили електричного струму через кондуктометричний давач, електричного опору, діаметра та довжини давача, а також температури природного газу відповідно; $u_{B(Rx)}$ – стандартна невизначеність вимірювання опору одинарним мостом за нормальних умов; $u_{B(m)}$ – стандартна невизначеність мостової схеми вимірювання; $u_{B(kg)}$ – стандартна невизначеність квантування; $u_{B(np)}$ – стандартна невизначеність впливу з'єднувальних проводів.

При побудові метрологічної моделі визначення коефіцієнта тепловіддачі кондуктометричного перетворювача необхідно враховувати похибки всіх складових, що входять в алгоритм знаходження вихідного параметра кондуктометричного вимірювача.

ESTIATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY OF CONDUCTED SPURIOUS EMISSION

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ КОНДУКТИВНОГО ПАРАЗИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Штефан И. Ю., Штефан Н. В.
Харьков, Украина

Keywords: measurement uncertainty, standard uncertainty, expanded uncertainty, uncertainty budget, spurious emission power of the transmitter.

Ключевые слова: неопределенность измерений, стандартная неопределенность, расширенная неопределенность, бюджет неопределенности, мощность паразитного излучения передатчика.

Аннотация

При аккредитации испытательных и калибровочных лабораторий по ДСТУ ISO/IEC 17025 одним из ключевых требований является необходимость применения процедур оценки неопределенности измерений. Проблема разработки таких процедур при определении характеристик радиооборудования является особо актуальной в связи с их отсутствием в действующей нормативной документации.

Проанализированы составляющие суммарной неопределенности измерения паразитного излучения методом прямого считывания по ДСТУ ETSI EN 300 220-2 и предложена методика оценки неопределенности измерений.

Методика определения паразитного излучения состоит в следующем. Сигнал от тестируемого передатчика подается на анализатор спектра через аттенюатор и фильтр. Анализатор спектра, аттенюатор и фильтр откалиброваны на частоте паразитного излучения.

Записывается модельное уравнение измерения, которое связывает искомую мощность кондуктивного паразитного излучения с измеряемыми характеристиками и параметрами схемы: показаниями анализатора спектра, коэффициентом потерь аттенюатора, коэффициентом калибровки анализатора спектра, коэффициентом калибровки фильтра. Значения мощности оцениваются по результатам однократных прямых измерений мощности анализатором спектра. Значения коэффициента потерь аттенюатора, коэффициента калибровки анализатора спектра, коэффициента калибровки фильтра берутся из сертификатов их калибровки. Рассчитывается числовое значение искомой мощности кондуктивного паразитного излучения.

Оцениваются стандартные неопределенности входных величин. Стандартная неопределенность коэффициента калибровки анализатора спектра определяется через расширенную инструментальную неопределенность анализатора спектра и коэффициент охвата, которые приведены в сертификате калибровки анализатора спектра для частоты паразитного излучения.

Стандартная неопределенность, обусловленная повторяемостью измерений анализатора спектра, принимается равной среднеквадратическому отклонению повторяемости результатов измерения мощности, которая определяется при предыдущих измерениях. Стандартная неопределенность измерения коэффициента калибровки фильтра рассчитывается через расширенную инструментальную неопределенность фильтра и коэффициент охвата, которые берутся из сертификата калибровки фильтра для частоты паразитного излучения. Стандартная неопределенность ослабления аттенюатора рассчитывается через расширенную неопределенность ослабления аттенюатора и коэффициент охвата, которые берутся из сертификата калибровки аттенюатора для частоты паразитного излучения.

Используя стандартные неопределенности входных величин, рассчитываются коэффициент чувствительности, суммарная стандартная неопределенность и расширенная неопределенность измерения мощности паразитного излучения. Приводится бюджет неопределенности.

ANALYSIS OF METHODS FOR OBTAINING THE STANDARD UNCERTAINTY OF A SAMPLE MEDIAN

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ СТАНДАРТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВЫБОРОЧНОЙ МЕДИАНЫ

Яремчук Н. А., Года О. Ю., Скрипий А. Ю.
Киев, Украина

Keywords: standard uncertainty, sample median.

Ключевые слова: стандартная неопределенность, выборочная медиана.

Аннотация

Приведены результаты анализа способов расчета стандартной неопределенности характеристики центра выборки – медианы за выборкой небольшого объема. При обработке выборок ординальных данных за результат измерения принимают медиану выборки, которую находят по центральному элементу выборки в случае с нечетным количеством элементов выборки n , или рассчитывают как полусумму двух центральных элементов выборки для четного количества n . Для расчета расширенной неопределенности медианы при объеме выборки $n < 10$ может быть использована неполная β -функция или таблицы, полученные с ее помощью. При количестве элементов выборки $n \geq 10$ используются статистики x_B и x_D , которые находят по заранее проранжированной выборке за номерами $H = E[(n+1-z_p \cdot \sqrt{n})/2]$ (для нижней границы), $B = E[(n+2+z_p \cdot \sqrt{n})/2]$ (для верхней границы), где $E[.]$ – целая часть чисел в скобках, а z_p – квантиль нормального распределения. Таким образом, может быть получена расширенная неопределенность $U(\text{med})$, которая отвечает определенному уровню доверия P . Но если статистическая погрешность медианы объединяется с другими составляющими погрешности, то для получения суммарной (комбинированной) стандартной неопределенности необходимо разработать переход от $U(\text{med})$ к стандартной неопределенности $u(\text{med})$. Для этого может быть использовано несколько подходов. Первый состоит в представлении медианы как нечеткой переменной и в использовании вложенного интервала, за которым $u(\text{med}) = U(\text{med})/1n\sqrt{2(1-P)}$.

Второй подход состоит в представлении доверительных интервалов выборочной медианы как множества α -уровня, где $\alpha = 1-P$, и в горизонтальном построении нечеткого множества, представляющего медиану как нечеткую переменную, с использованием объединения множеств α -уровней. Стандартная неопределенность рассчитывается по рассеиванию медианы как нечеткого множества. Показано, что второй подход позволяет обойти целый ряд неоднозначностей, которые возникали при использовании вложенного интервала. При использовании некоторых ограничений результаты расчетов стандартной неопределенности за обоими подходами совпадали.

Тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції
«МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА»
(МЕТРОЛОГІЯ - 2018)

Відп. за випуск С. В. Білоусова
Комп'ютерна верстка і дизайн К. П. Романадзе

Підписано до друку 28.09.2018 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, 2018